Н. Н. Путятин



РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ

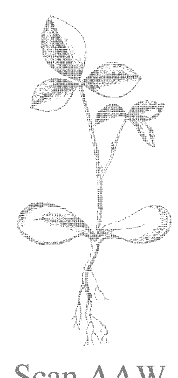
МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 909

Н. Н. ПУТЯТИН

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ





«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА 1976

6Ф2.18
П90
УДК 62.001.572—52 : 621.396.6

Николай Николаевич Путятин

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ МОДЕЛЯМИ

Редактор И. В. Казанский
Редактор издательства Г. Н. Астафуров
Обложка художника Н. А. Князькова
Технический редактор Н. Н. Левченко
Корректор З. Б. Драновская

Сдано в набор 12/IX 1975 г. Подписано к печати 17/III 1976 г. Т-06914
Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 4,33.
Тираж 50 000 экз. Зак. № 295. Цена 18 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.

Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Путятин Н. Н.

П90 Радиоуправление моделями. М., «Энергия», 1976 г.

64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 909).

Книга содержит описания конструкции самодельной приемо-передающей аппаратуры для управления моделями по радио. Описаны методика налаживания и проверка параметров готовой аппаратуры.

Приводятся некоторые схемы соответствующей зарубежной аппаратуры.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей и моделистов-конструкторов.

П $\frac{30402\text{-}284}{051(01)\text{-}76}$ 330-75 6Ф2.18

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателей книга посвящена увлекательному направлению работы радиолюбителей и моделистов-конструкторов. В ней подробно описаны работа и устройство аппаратуры для управления авиа-, авто- и судомоделями, а также различного рода механизмами, приборами, игрушками и т. д. Описания сопровождаются методическими рекомендациями по ее изготовлению и налаживанию.

Аппаратура управления доступна для изготовления как достаточно подготовленным радиолюбителям, так и малоопытным. При отсутствии измерительной аппаратуры (звукового генератора, волномера и т. д.) радиолюбитель может изготовить ее самостоятельно по рекомендациям, данным в разделе «Вспомогательные приборы и приспособления». Это значительно облегчит процесс налаживания.

В заключение приведены схемы и конструкции более сложной любительской отечественной и зарубежной аппаратуры, представляющей интерес для опытных радиолюбителей-конструкторов.

Отзывы о книге просим посылать по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая набережная, д. 10, Массовая радиобиблиотека.

РАДИОУПРАВЛЕНИЕ — ЧТО ЭТО ТАКОЕ!

Радиоуправление является отраслью телемеханики. Телемеханика — область науки и техники, занимающаяся изучением и построением устройств, преобразующих информацию в сигналы и передающих их на расстояния по линии связи, для измерения, сигнализации и управления без участия человека или с его участием на одной стороне. Устройства телемеханики классифицируются по выполняемым функциям: телеизмерение, телесигнализация, телеуправление. Часто из таких устройств создают комбинированные системы. Независимо от назначения телемеханическое устройство обязательно имеет канал связи: акустический, световой, проводной, ультразвуковой, радио. По каналу связи подают соответствующую команду. Число команд зависит от назначения управляемого объекта.

Радиоуправлением называется телеуправление с помощью радиосредств. Оно широко применяется для управления различными подвижными объектами.

Простейшая аппаратура радиоуправления состоит из передающего и приемного устройства (рис. 1). Каждый функциональный блок выполняет определенное назначение. Пульт управления служит для включения оператором той или иной команды, кодирующее устройство формирует сигналы команд, усилитель низкой частоты передатчика усиливает эти сигналы до необходимой величины Сигналы команд модулируют ток высокой частоты передатчика, модулированный сигнал высокой частоты поступает в передающую антенну $Ан_1$, которая излучает радиоволны в пространство.

Радиоволны, распространяясь в пространстве, пересекают приемную антенну $Ан_2$ и наводят в ней ток, высокочастотная часть приемника усиливает сигналы передатчика и выделяет из него шифрованную команду. Усилитель низкой частоты усиливает сигналы команд до необходимой величины. Дешифратор распознает переданную команду и включает соответствующий исполнительный механизм, который выполняет заданную операцию на объекте.

Начинающие моделисты для своих моделей обычно применяют аппаратуру дискретного действия. С помощью такой аппаратуры задается только направление отклонения рулей, а величина этого отклонения ограничивается механическими упорами.

Более сложны, зато и более универсальны системы пропорционального управления, в которых рули модели повторяют движение ручки управления, так как сигналы передатчика содержат информацию о ее положении в пространстве при расшифровке команд. Эта информация сравнивается с информацией, поступающей от самих рулей. В результате сравнения появляется сигнал рассогласования, включающий исполнительное устройство (например, электродвига-

тель рулевой машинки), которое отрабатывает команду до тех пор, пока рули не займут положение, аналогичное положению ручки управления.

Прежде чем приступить к изготовлению аппаратуры, необходимо выполнить правила, предусмотренные «Инструкцией о порядке регистрации и эксплуатации любительских приемо-передающих радиостанций индивидуального и коллективного пользования», отдельные пункты которой приводятся ниже.

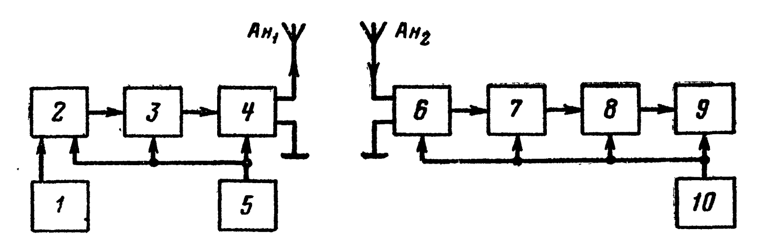


Рис. 1. Принцип радиоуправления.

1 — пульт управления; *2* — кодирующее устройство (шифратор); *3* — усилитель низкой частоты (модулятор); *4* — высокочастотная часть передатчика; *5* — источник питания; *6* — высокочастотная часть приемника; *7* — усилитель низкой частоты; *8* — декодирующее устройство (дешифратор); *9* — исполнительный механизм; *10* — источник питания.

Постройка (приобретение) и эксплуатация любительских радиостанций может производиться только после получения от Государственной инспекции электросвязи областного (краевого) управления Министерства связи или Министерства связи союзной республики извещения о разрешении постройки (приобретения) и эксплуатации радиостанций.

Для получения разрешения на постройку (приобретение) и эксплуатацию любительской коротковолновой или ультракоротковолновой приемно-передающей радиостанции коллективного или индивидуального пользования организации и отдельные радиолюбители подают через комитеты или радиоклубы ДОСААФ в Государственную инспекцию электросвязи областного (краевого) управления Министерства связи союзной республики следующие документы: для владельцев передатчиков, используемых в радиоуправляемых моделях — заявление-анкету с фотокарточкой и ходатайство местного комитета ДОСААФ (в одном экземпляре). К заявлению прилагается схема радиостанции.

При положительном разрешении вопроса об установке радиостанции Государственная инспекция электросвязи областного (краевого) управления Министерства связи союзной республики сообщает об этом заявителю. Постройка (приобретение) радиостанции должна быть произведена в срок не более шести месяцев с момента извещения. По истечении указанного срока, если радиостанция не была установлена, разрешение аннулируется.

После того как радиостанция будет построена или приобретена, владелец ее уведомляет об этом местную Государственную инспекцию электросвязи, которая через 15 дней вручает через соответствую-

щую организацию ДОСААФ (местный комитет или радиоклуб) владельцу радиостанции разрешение на эксплуатацию.

Любительским передатчикам индивидуального и коллективного пользования для радиоуправляемых моделей разрешается работать мощностью не более 1 Вт, типом излучения А2 с шириной полосы излучаемых частот не более 25 кГц, для передачи команд телеуправления в диапазонах 28,0—28,2 и 144—146 МГц и на частоте 27,12 МГц±0,05%. Использование таких передатчиков для проведения радиосвязей категорически запрещается.

За изготовление, хранение и использование радиопередающих устройств без разрешения Государственной инспекции электросвязи владельцы этих устройств, в зависимости от характера совершенного ими нарушения, несут уголовную или административную ответственность в соответствии с указами президиумов Верховных Советов союзных республик «Об ответственности за незаконное изготовление и использование радиопередающих устройств».

ПРИЕМНАЯ АППАРАТУРА

Успех изготовления аппаратуры для радиоуправления будет сопутствовать в первую очередь тому читателю, который имеет некоторый опыт в любительском конструировании и наиболее тщательно выполнит рекомендации, приведенные на страницах данной брошюры.

Прежде чем начать изготовление, следует внимательно ознакомиться с принципиальной схемой устройства и его работой.

Приемник может быть установлен на модели планера, самолета, корабля или автомобиля с однокомандным исполнительным механизмом. Чувствительность приемника не хуже 10 мкВ. При работе с передатчиком мощностью 150—180 мВт дальность действия приемника на открытой местности составит 1000—1200 м. Масса приемника 120 г без источников питания, габариты 70×115×25 мм. Питание приемника осуществляется от двух батарей 3336Л, соединенных последовательно.

Принципиальная схема приемника (рис. 2, *а*) состоит из сверхрегенеративного детектора (T_1), трехкаскадного усилителя низкой частоты (T_2—T_4) и дешифратора с усилителем тока (T_5 и T_6).

Высокочастотный модулированный сигнал передатчика, наведенный в антенне приемника, через конденсатор C_3 поступает в цепь коллектора транзистора T_1, усиливается и детектируется. На частоту передатчика приемник настраивается подстроечным сердечником катушки L_1 контура L_1C_5 в коллекторной цепи транзистора.

Далее сигнал выделяется на нагрузочном резисторе R_3 сверхрегенеративного детектора и через фильтр R_4C_7 и разделительный конденсатор C_8 поступает на базу транзистора T_2 первого каскада усилителя низкой частоты, а с его нагрузочного резистора R_6 — непосредственно на базу транзистора второго каскада усилителя. Нагрузкой второго каскада служит резистор R_9. Создающееся на нем напряжение через конденсатор C_{10} поступает на базу транзистора T_4 третьего каскада, а усиленный и ограниченный им по амплитуде сигнал — на вход дешифратора.

Смещение на базу транзистора T_2 подается через резистор R_8 с делителя напряжения R_{10}, R_{11}, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_3. Через резистор R_8, кроме того, осуществляется отрицательная обратная связь по току между транзисторами T_3 и T_2. Сме-

щение на базе транзистора T_3 зависит от режима работы транзистора T_2, так как связь между этими транзисторами непосредственная. Применение такой связи вызвано желанием получить хорошую частотную характеристику и высокую температурную стабильность усилителя. Так как напряжение смещения транзистора T_2 снимается с эмиттера транзистора T_3, происходит взаимная стабилизация режимов транзисторов. Например, при повышении температуры ток коллектора транзистора T_2 увеличивается. Увеличение тока через резистор R_6 вызовет уменьшение напряжения на коллекторе транзистора T_2 и на базе транзистора T_3, поэтому коллекторный ток транзистора T_3 уменьшается, что вызовет уменьшение отрицательного напряжения на его эмиттере. В свою очередь уменьшится напряжение смещения на базе транзистора T_2, что вызовет уменьшение тока его коллектора.

При движении радиоуправляемой модели меняется расстояние между передатчиком и приемником, а следовательно, изменяется уровень сигнала на выходе усилителя низкой частоты приемника. Чем больше это расстояние, тем меньше уровень сигнала на выходе усилителя.

Для четкого исполнения команд механизмами модели необходимо установить неизменный уровень сигнала на выходе приемника (на входе дешифратора). Поэтому после усиления усилителем низкой частоты сигнал необходимо ограничить. Это осуществляется каскадом на транзисторе T_4, являющемся одновременно и усилителем.

С выхода усилителя-ограничителя сигнал подается на вход дешифратора и вызывает срабатывание реле P_1 и подключенного к нему исполнительного механизма модели.

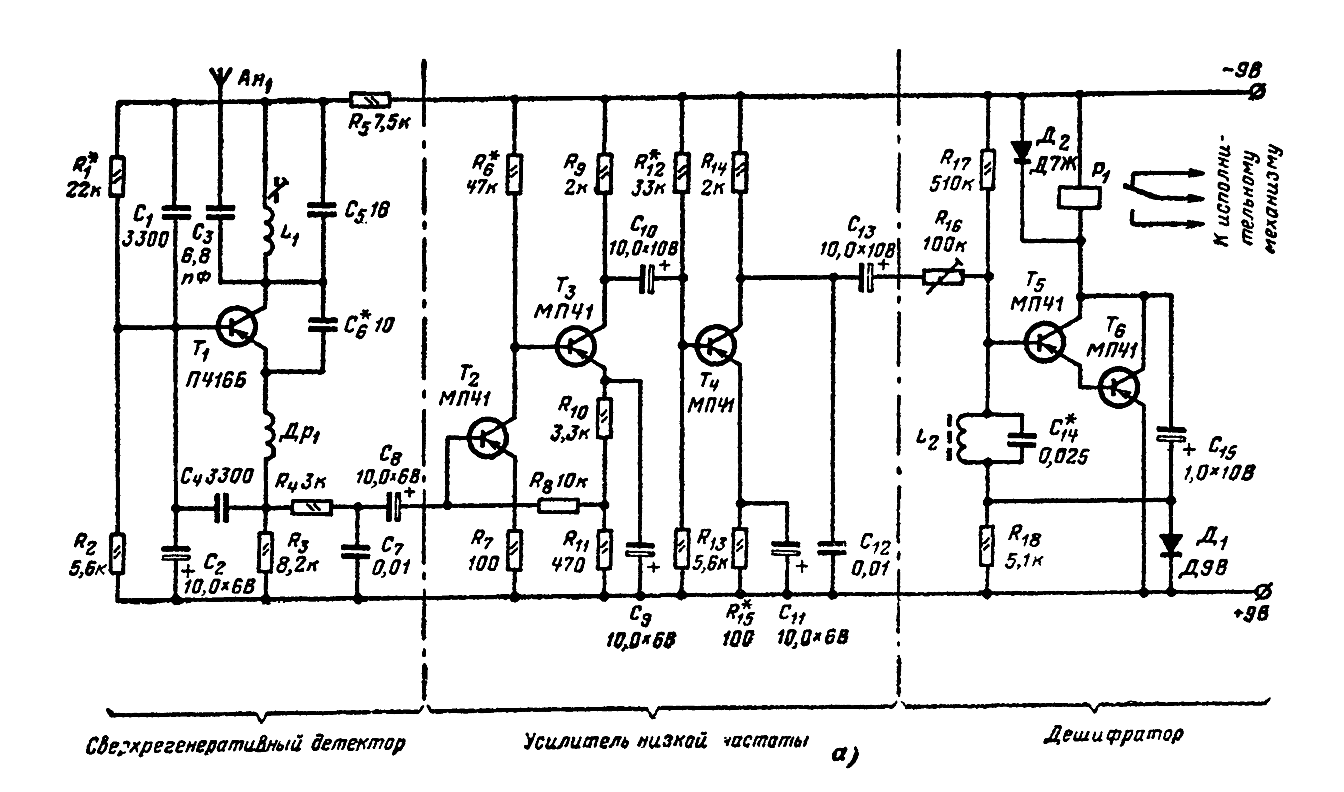
Фильтр дешифратора представляет собой контур L_2C_{14}, настроенный на частоту модуляции. Выделенный им командный сигнал усиливается составным транзистором T_5T_6, в результате чего срабатывает электромагнитное реле P_1, включающее своими контактами цепь питания исполнительного механизма модели. Конденсатор C_{15}, диод $Д_1$ и резистор R_{18} образуют ячейку, через которую из коллекторной цепи составного транзистора на базу транзистора T_5 подаются отрицательные импульсы, открывающие транзистор T_5.

Резистором R_{16} регулируют ширину полосы пропускания фильтра дешифратора. Сопротивление резистора должно быть таким, чтобы реле надежно срабатывало, а ширина полосы пропускания была равна 200—300 Гц. Резисторы и конденсаторы, примененные в приемнике, могут быть любых типов. Однако следует учесть, что от габаритов деталей будут зависеть его размеры.

В приемнике применены транзисторы со статическим коэффициентом передачи тока $B_{ст}=40\div100$ и обратным током коллектора $I_{к.о}$ не более 3—3,5 мкА.

Катушка L_1 намотана на каркасе фильтра промежуточной частоты от телевизора «Рубин» диаметром 8 мм с сердечником типа СЦР-1. Она содержит 10 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,5 мм. Ее индуктивность около 0,5 мкГ (без сердечника). Дроссель $Др_1$ намотан на резисторе типа МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 1 МОм и содержит 200 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм. Индуктивность дросселя около 40 мкГ.

Катушка L_2 фильтра дешифратора, рассчитанного на частоту 1700 Гц, содержит 430 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм, намотанных на двух сложенных торцами ферритовых кольцах марки 1000НН диаметром 10 и высотой 6 мм.



Ан1
R5 7,5к
-9В
R1* 22к
C1 3300
C3 6,8 пФ
L1
C5 16
C6* 10
T1 П416Б
Др1
C4 3300
R4 3к
C8 10,0×6В
R2 5,6к
C2 10,0×6В
R3 8,2к
C7 0,01
R6* 47к
R9 2к
R12* 33к
R14 2к
C10 10,0×10В
T3 МП41
T2 МП41
R10 3,3к
T4 МП41
R8 10к
R7 100
R11 470
R13 5,6к
C9 10,0×6В
R15* 100
C11 10,0×6В
C12 0,01
C13 10,0×10В
R16 100к
R17 510к
Д2 Д7Ж
Р1
К исполнительному механизму
T5 МП41
T6 МП41
L2
C14* 0,025
C15 1,0×10В
R18 5,1к
Д1 Д9В
+9В
Сверхрегенеративный детектор
Усилитель низкой частоты
Дешифратор

а)

2—295

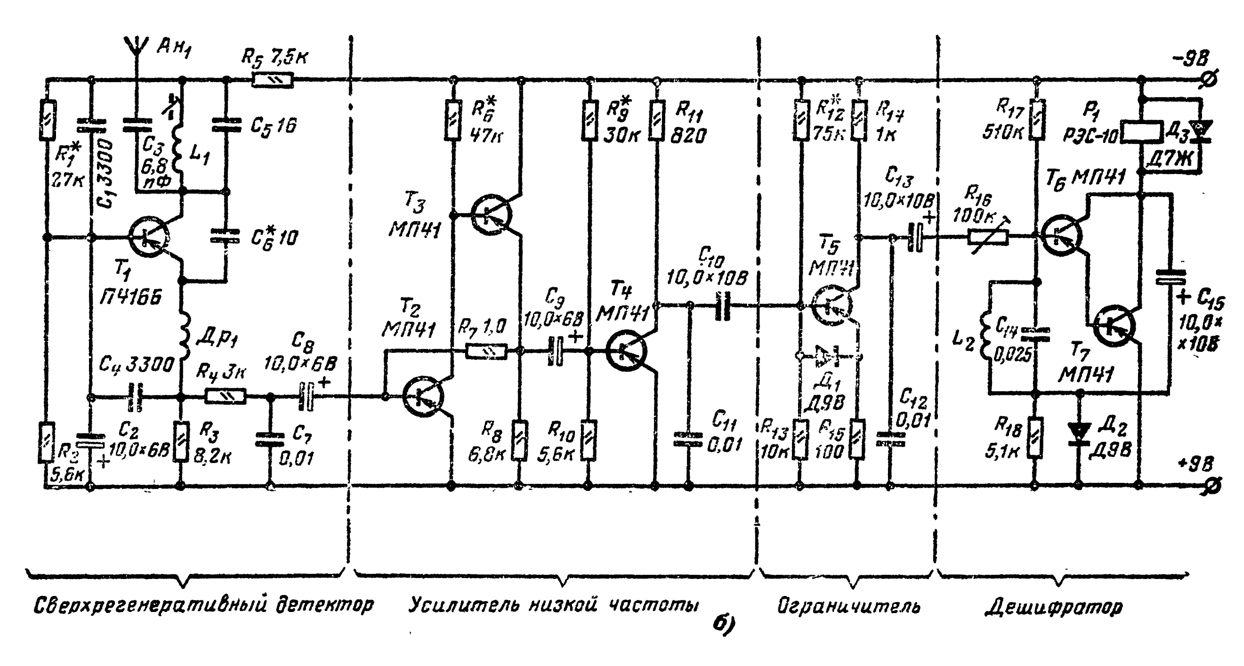


Рис. 2. Принципиальная схема простого однокомандного приемника (*а*) и приемника с отдельным каскадом ограничителя (*б*).

а

Таблица 1

Частота, Гц	Индуктивность, мГ	Число витков
1700	382	430
2350	263	296
3000	188	212
3700	99	212
4300	71	89

Таблица 2

Частота, Гц	Емкость, мкФ	Индуктивность мГ
510	0,1	300
800	0,1	250
1150	0,1	225
1700	0,068	140
2350	0,047	140
3000	0,047	100
3700	0,033	75
4300	0,033	60
5700	0,022	50
7100	0,01	40

Реле P_1 типа РЭС-10, паспорт РС 4.524.308 или РС 4.524.303.

Приемник изготовляют по частям, производя предварительное налаживание на макете (см. раздел «Макетирование, монтаж и налаживание аппаратуры»), и только потом приступают к окончательной сборке, аккуратно перенося все детали с макета на монтажную плату.

Сборку приемника начинают с усилителя низкой частоты, затем собирают сверхрегенеративный детектор и дешифратор.

На рис. 2, *б* представлена схема другого, более сложного приемника. В нем функции ограничителя выполняет специальный каскад, что позволяет достичь более надежной работы. Приемник состоит из сверхрегенеративного детектора (T_1), трехкаскадного усилителя низкой частоты (T_2 — T_4), ограничителя (T_5) и дешифратора с усилителем тока (T_6 и T_7).

Как и в первом приемнике сигнал из антенны через конденсатор C_3 поступает в цепь коллектора транзистора T_1, усиливается и детектируется. Выделенный сигнал низкой частоты поступает на базу транзистора T_2, усиливается им, выделяется на резисторе R_6 и поступает непосредственно на базу транзистора T_3. Усиленный транзистором T_3 сигнал выделяется на резисторе R_8 и через разделительный конденсатор C_9 подается на базу транзистора T_4. Резисторы R_9 и R_{10} образуют делитель напряжения, с которого снимается необходимое напряжение смещения на базу транзистора T_4. Уси-

ленный транзистором T_4 сигнал выделяется на резисторе R_{11} и через разделительный конденсатор C_{10} подается на вход ограничителя.

Через резистор R_7 на базу транзистора T_2 подается напряжение смещения. Это же напряжение стабилизирует режим работы транзистора T_2 при изменении температуры.

Резисторы, конденсаторы, реле, транзисторы и катушки использованы те же, что и для первого приемника. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ могут быть любыми точечными. Антенной для обоих приемников может служить отрезок монтажного привода длиной около одного метра.

Каждый из описанных приемников можно без каких-либо изменений в схеме использовать для моделей, имеющих разные исполнительные механизмы, в том числе и рассчитанные на несколько команд. В этом случае приемник должен иметь несколько каскадов дешифратора, число которых должно соответствовать числу подаваемых передатчиком команд. Каждый каскад дешифратора выделяет только один определенный сигнал передатчика. Все остальные сигналы этим каскадом отфильтровываются. В каждом таком каскаде имеется свой LC-фильтр, настроенный на строго определенную частоту. При подаче сигналов различной частоты срабатывает соответствующий каскад дешифратора и включает тот или иной исполнительный механизм модели. Обычно модель выполняет не более десяти команд. Фильтры каскадов дешифратора можно настроить на частоты 510, 800, 1150, 1700, 2350, 3000, 3700, 4300, 5700 и 7100 Гц. Эти частоты подобраны так, чтобы каждая не была кратной предыдущим и не вызывала ложного срабатывания исполнительных механизмов,

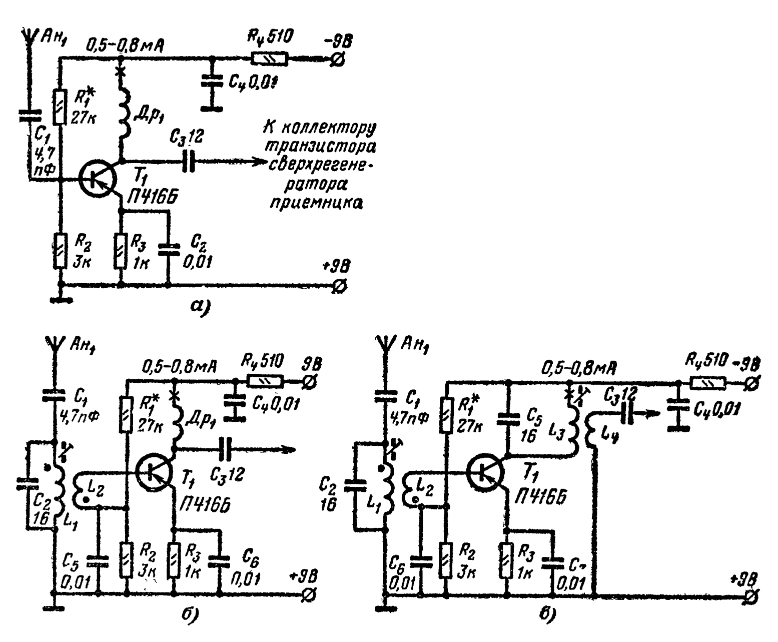


Рис. 3. Принципиальные схемы усилителей высокой частоты.

При изготовлении, например, четырехкомандной модели рекомендуется использовать только четные или нечетные частоты с целью упрощения настройки каскадов дешифратора.

В табл. 1 приведены приближенные данные катушек фильтров дешифраторов для пятикомандного приемника, намотанных на двух сложенных торцами ферритовых кольцах 1000НН диаметром 10 и высотой 6 мм. Намотку ведут проводом ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм. Емкость конденсатора контура 0,025 мкФ.

Для десятикомандного дешифратора можно рекомендовать приближенные значения емкости конденсатора и индуктивности катушки для каждой резонансной частоты (табл. 2).

Для дальнейшего усовершенствования и улучшения характеристик приемника рекомендуется добавить каскад усиления высокой частоты. Такой каскад сведет к минимуму собственное излучение сверхрегенеративного детектора, повысит стабильность работы приемника.

Принципиальная схема простейшего усилителя высокой частоты приведена на рис. 3, *а*. Высокочастотный модулированный сигнал передатчика, наведенный в антенне приемника, через конденсатор C_1 поступает на базу транзистора T_1 усилителя высокой частоты. Усиленный сигнал выделяется на дросселе $Др_1$, включенном в коллекторную цепь транзистора, и через конденсатор C_3 подается на коллектор траизистора сверхрегенеративного детектора. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель, с которого снимается необходимое напряжение смещения на базу транзистора T_1. Резистор R_3, включенный в цепь эмиттера, служит для температурной стабилизации режима транзистора. Резистор R_4 и конденсатор C_4 образуют ячейку развязки.

Принципиальная схема усилителя высокой частоты, приведенная на рис. 3, *б*, отличается наличием входного контура, настраиваемого на несущую частоту передатчика, что улучшает параметры прием-

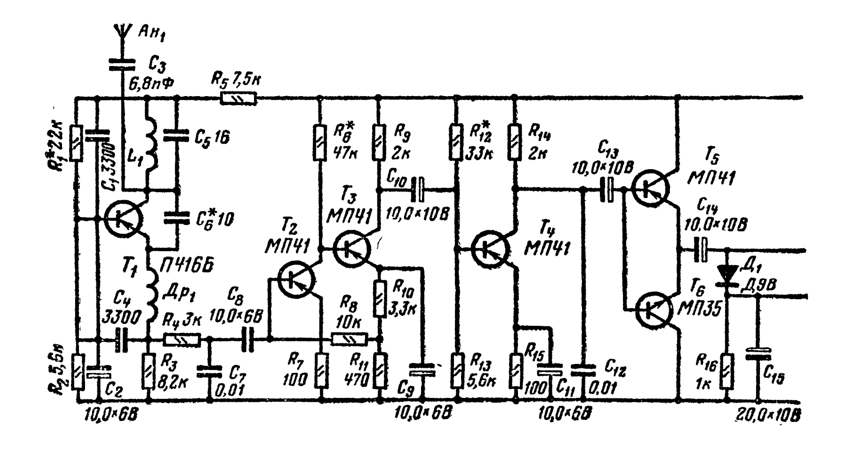


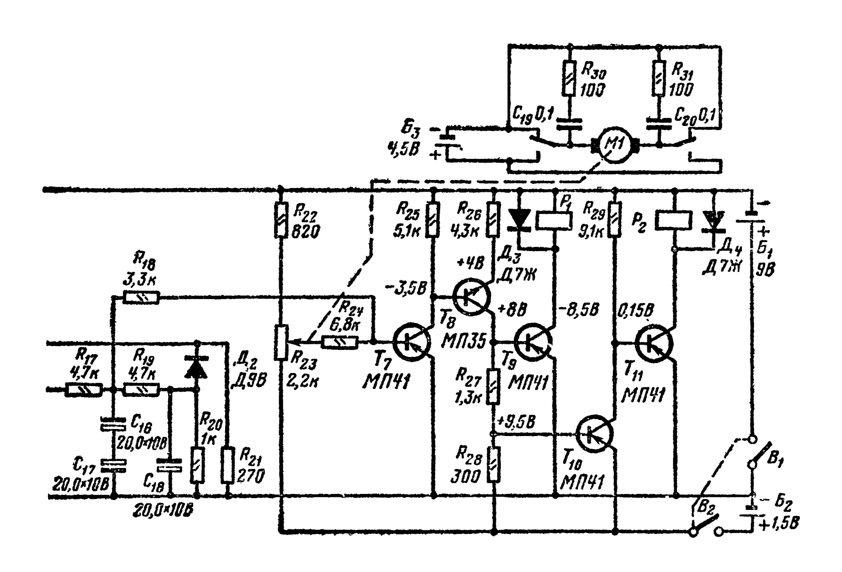
Рис. 4. Принципиальная схема простого приемника пропорциональ

ника в целом. Лучшие результаты дает каскад, схема которого представлена на рис. 3, *в*. В нем кроме входного контура имеется еще контур, включенный в цепь коллектора транзистора T_1 вместо дросселя $Др_1$, также настраиваемый на несущую частоту передатчика. Такой усилитель улучшает избирательность приемника и уменьшает излучение сверхрегенеративного детектора. Следует отметить, что с увеличением числа настраиваемых контуров возрастают трудности в налаживании усилителя.

Для всех усилителей ВЧ могут быть применены резисторы, конденсаторы, дроссель $Др_1$ такие же, как в описанных выше приемниках. Катушка L_1 имеет 10 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,5 мм, намотанных на каркасе диаметром 8 мм (от ФПЧ телевизора «Рубин»), внутри которого перемещается сердечник типа СЦР-1. Катушка L_2 расположена на одном каркасе с катушкой L_1 и имеет 1,5—2 витка провода диаметром 0,2—0,3 мм, намотанных на манжетке, свободно передвигающейся по каркасу и размещенной у заземленного конца катушки L_1. Катушки L_3 и L_4 аналогичны катушкам L_1 и L_2.

Особое внимание уделяют подбору транзисторов приемника по обратному току коллектора для каждого каскада усилителя индивидуально. Транзистор T_2 должен иметь минимальный обратный ток коллектора, не превышающий 1,5 мкА, а транзистор T_4 — не более 3—3,5 мкА. Транзистор T_3 должен иметь промежуточное значение обратного тока, т. е. 1,5—3 мкА.

Транзисторы для высокочастотных каскадов приемника подбирают с наименьшим значением обратного тока коллектора, не превышающим 1—1,5 мкА.



ного управления.

Несомненный интерес для радиолюбителей и моделистов представляет аппаратура пропорционального управления. Однако аппаратура эта достаточно сложна. Кроме того, для ее налаживания необходимо наличие измерительной аппаратуры. Затруднение вызывает и необходимость применения слаботочных двигателей, управляющих перемещением рулей.

Если несколько снизить требования к аппаратуре, можно изготовить достаточно простой приемник, работающий практически с любым двигателем, применяемым для моделей или игрушек. Такой приемник прост в налаживании и не требует дефицитных деталей. Изготовить его можно после того, как будет приобретен опыт в монтаже и налаживании аппаратуры дискретного действия, описанной выше.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 4. Сверхрегенеративный каскад и усилитель низкой частоты описаны выше и пояснений не требуют. Усиленный сигнал через конденсатор C_{13} поступает на выходной каскад — двухтактный эмиттерный повторитель, а затем на вход дешифратора, состоящего из двух выпрямителей (диоды $Д_1$ и $Д_2$) и фильтров $R_{17}C_{15}$ и $R_{19}C_{18}$. Конденсаторы C_{16} и C_{17} составляют неполярный конденсатор фильтра для обеих ячеек.

При одинаковых по значению и противоположных по знаку выпрямленных напряжениях потенциал в точке соединения резисторов R_{17} — R_{19} постоянен. При изменениях командного сигнала напряжение на одном выпрямителе падает, а на другом повышается. В результате потенциал общей точки изменится на величину разности выпрямленных напряжений, называемой сигналом рассогласования. Этот сигнал имеет знак большего напряжения. Сигнал рассогласования пропорционален углу поворота ручки управления передатчика. Увеличение или уменьшение потенциала зависит от отклонения ручки управления в ту или другую сторону от нейтрали. Полученный сигнал рассогласования поступит на базу транзистора T_7 усилителя постоянного тока и заставит сработать одно из электромагнитных реле, которое своими контактами включит электродвигатель рулевой машинки. С электродвигателем через редуктор соединена ось движка потенциометра обратной связи R_{23}. Перемещением движка потенциометра сигнал рассогласования на базе транзистора T_7 скомпенсируется, реле сработает и электродвигатель остановится, переложив руль модели на соответствующий угол.

Согласование угла отклонения ручки управления передатчика и руля производится изменением длины качалки до точки крепления тяги руля в рулевой машинке.

Напряжения, указанные на схеме, измерены авометром Ц-20 относительно эмиттеров транзисторов.

В приемнике применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,25, переменный резистор типа СП, конденсаторы типов КТ, КД, КЛС, КМ (электролитические типа К50-6), реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.302) с ослабленными пружинами (чтобы напряжение срабатывания не превышало 8 В). Двигатель — любой от электрифицированных игрушек, например типа ДП.

Транзисторы подбирают так же, как и для приемника первого варианта. Желательно поточнее подобрать пары транзисторов для двухтактных схем по одинаковым параметрам значения обратного тока коллектора $I_{к.о}$ и коэффициента $B_{ст}$.

Проверять работу приемника удобно после изготовления передатчика, описанного в следующем разделе. При повторении конст-

рукции можно рекомендовать вначале изготовить функциональные части шифратора и дешифратора отдельно и проверить их работу, соединив между собой проводниками; убедившись в их четкой работе, приступить к окончательной сборке.

ПЕРЕДАЮЩАЯ АППАРАТУРА

Прежде чем начать монтаж передатчика, необходимо получить разрешение на его постройку от местной инспекции электросвязи. Тем любителям, которые не могут по каким-либо причинам получить разрешение на постройку и эксплуатацию передающей аппаратуры, можно рекомендовать индукционное телеуправление системы Э. А. Тарасова. В списке литературы приводятся его статьи, содержащие описание индукционного телеуправления. Работа передатчиков для управления моделями по радио разрешена на частоте 27,12 МГц или в диапазонах частот 28—28,2 МГц и 144—146 МГц при мощности в антенне не более 1 Вт.

Для обеспечения хорошей работы передатчика необходимо уделить большое внимание подбору и изготовлению комплектующих радиодеталей. Особенно тщательно следует подбирать транзисторы, изготовлять катушки индуктивности и налаживать готовую конструкцию. От этого зависит качество и надежность работы передатчика.

Ниже приводится описание простых и достаточно надежных передатчиков для управления моделями по радио в диапазонах 27,12 или 28—28,2 МГц. Такие передатчики могут быть использованы для управления моделями судов, автомобилей, тракторов, самолетов, планеров и т. д. В комплекте с одним из описанных выше сверхрегенеративных приемников (с чувствительностью не ниже 10 мкВ) передатчики могут обеспечить уверенную работу исполнительного механизма модели на расстоянии до 1,5 км на открытой местности и 2—2,5 км в воздухе. Стабильность несущей частоты передатчиков достаточна для четкой работы приемника сверхрегенеративного типа. Модуляция несущей передатчика осуществляется звуковыми частотами, соответствующими частотам настройки ячеек фильтра дешифратора приемника. Максимальная выходная мощность передатчиков в антенне может достигать 150—180 мВт.

В качестве антенны применен телескопический штырь от приемника «Спидола» длиной 940 мм. Питаются передатчики от двух батарей типа 3336Л, соединенных последовательно. Потребляемый ток в момент подачи команд достигает 70 мА.

Принципиальная схема простого передатчика приведена на рис. 5.

Он состоит из задающего генератора, генерирующего сигнал высокой частоты, и кодирующего устройства, создающего командные сигналы. Передатчик рассчитан на подачу двух команд, однако при желании их число может быть увеличено (до 4—6).

Задающий генератор передатчика собран по схеме двухтактного автогенератора на транзисторах T_1 и T_2. Настройка контура генератора на несущую частоту осуществляется подстроечным конденсатором C_2 контура $L_3C_2C_3$, включенного в коллекторные цепи транзисторов T_1 и T_2. Питающее напряжение на коллекторы транзисторов подается от батареи $Б_1$ через высокочастотный дроссель $Др_1$ и половины катушки L_3. Катушка L_2 является катушкой связи контура $L_3C_2C_3$ с антенной, катушка L_1 служит для настройки антенны в ре-

зонанс с частотой задающего генератора. Резисторами R_2, R_3 и R_4, R_5 устанавливают необходимое напряжение смещения на базах транзисторов T_1 и T_2.

Командные сигналы звуковой частоты для модуляции несущей передатчика получают от мультивибратора на транзисторах T_3 и T_4. Мультивибратор работает только тогда, когда нажаты одновременно кнопки $Кн_1$ и $Кн_2$ или $Кн_3$ и $Кн_4$.

Коллектор транзистора T_3 и база транзистора T_1 соединены через диод $Д_1$. Когда транзистор T_3 закрыт, задающий генератор работает и передатчик излучает несущую частоту. При открытом транзисторе T_3 напряжение смещения, подаваемое на базу транзистора T_1, замыкается на плюсовой провод источника питания через диод

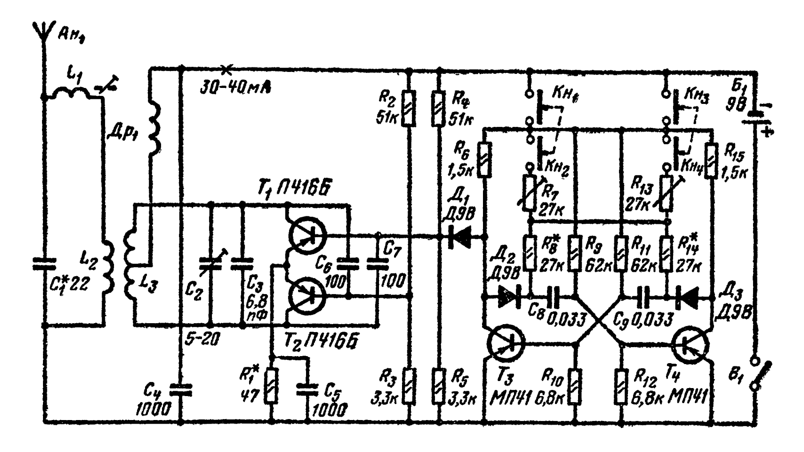


Рис. 5. Принципиальная схема простого передатчика, работающего в импульсном режиме.

$Д_1$ и транзистор T_3, тем самым прекращая работу задающего генератора и, следовательно, излучение передатчика. Таким образом, излучение несущей частоты передатчика производится «пачками», следующими одна за другой с частотой командного сигнала, вырабатываемого мультивибратором. Форма командного сигнала близка к прямоугольной благодаря наличию отдельных цепей заряда времязадающих конденсаторов, отделенных от коллекторных нагрузок диодами $Д_2$ и $Д_3$. Эти цепи заряда состоят из резисторов R_7 или R_{13} и R_8 или R_{14} и разделительных диодов $Д_2$ и $Д_3$.

Частоты командных сигналов зависят от сопротивлений переменных резисторов R_7 и R_{13} цепей заряда. Эти частоты находятся в пределах от 1200 до 5000 Гц. Для получения частот ниже 1200 Гц следует увеличить емкость конденсаторов C_8 и C_9. Движки переменных резисторов R_7 и R_{13} устанавливают по моментам срабатывания реле ячеек дешифратора приемника. Резисторами R_9R_{12} и $R_{10}R_{11}$ подбирают необходимое напряжение смещения на базах транзисторов T_3 и T_4.

В передатчике применены постоянные резисторы типов УЛМ и МЛТ-0,25, переменные резисторы типа СПО, конденсаторы типов

КТ, КД, КЛС, КМ (C_2 — КПМ), электролитические конденсаторы типов ЭМ, К50-6. Очень важно, чтобы транзисторы T_1 и T_2 имели идентичные параметры по обратному току коллектора $I_{к.о}$ и коэффициенту $B_{ст}$.

Катушки L_1, L_2, L_3 намотаны на каркасах диаметром 8 мм (каркасы фильтров ПЧ от телевизора «Рубин»). Намотка однослойная, виток к витку, провод ПЭВ-1 диаметром 0,5 мм. Катушка L_1 содержит 10 витков (0,5 мкГ без сердечника), L_2 4 витка, L_3 8 витков с отводом от середины. Ее индуктивность около 0,2 мкГ. Катушка L_2 расположена между половинками катушки L_3. Внутри каркаса катушки L_1 перемещается подстроечный сердечник типа СЦР-1 диаметром 6 мм. Конструкции катушек приведены на рис. 6, *а*, *б*.

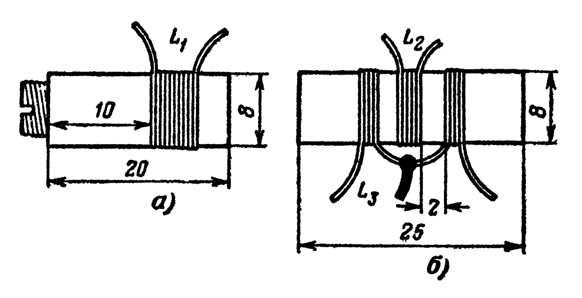


Рис. 6. Конструкции катушек индуктивности передатчика.

Дроссель $Др_1$ намотан на постоянном резисторе типа МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 1 МОм проводом ПЭВ-1 диаметром 0,1 мм и содержит 200 витков. Индуктивность дросселя 30—40 мкГ.

Генератор командного сигнала, как правило, налаживания не требует. В случае необходимости для установления равенства полупериодов подбирают сопротивления резисторов R_8 или R_{14}.

На рис. 7 показана схема передатчика, собранного на шести транзисторах. От предыдущего передатчика он отличается наличием усилителя низкой частоты, возможностью изменять глубину модуляции несущей частоты передатчика и более простой схемой генератора командных сигналов.

Командные сигналы звуковой частоты для модуляции несущей передатчика создает мультивибратор, собранный на транзисторах T_5 и T_6. Он выполнен немного проще, чем описанный выше, но имеет несколько худшую форму сигнала. Транзистор T_4 работает как эмиттерный повторитель. Он связан непосредственно с транзистором T_5 мультивибратора. При такой связи влияние других цепей на работу мультивибратора значительно уменьшается. Транзистор T_3 усиливает напряжение командного сигнала, поступающего на его базу через конденсатор C_9 с резистора R_{11} в эмиттерной цепи транзистора T_4. Усиленное им напряжение сигнала с нагрузочного резистора R_8 через конденсатор C_8 и резисторы R_6 и R_7 подается на базы транзисторов T_1 и T_2 задающего генератора передатчика, модулируя его несущую.

Резисторы R_9 и R_{10} образуют делитель напряжения, с которого подается напряжение смещения на базу транзистора T_3.

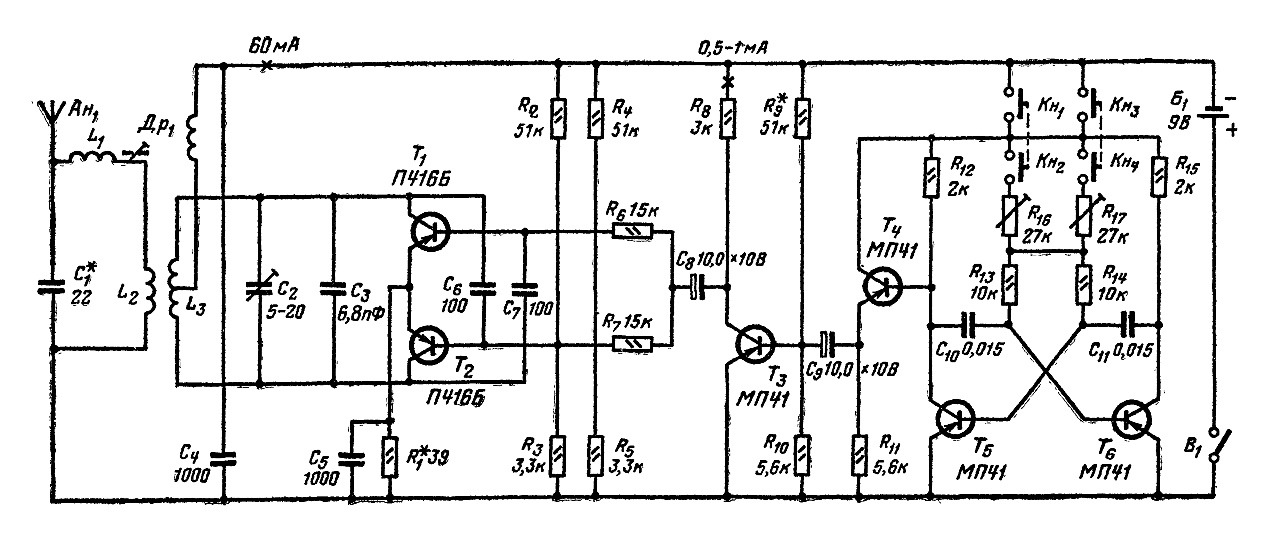


Рис. 7. Принципиальная схема передатчика на шести транзисторах.

Число команд, подаваемых передатчиком, может быть увеличено путем введения в пульт управления и мультивибратор дополнительных кнопок и переменных резисторов.

При необходимости получения повышенной мощности передатчика задающий генератор можно собрать по схеме рис. 8. Здесь используются четыре транзистора, включенных попарно параллельно. Максимальная мощность в антенне при этом увеличивается до 340—360 мВт. Требования к транзисторам те же, что и к транзисторам приемной аппаратуры. Данные катушек и дросселя аналогичны соответствующим деталям предыдущего передатчика.

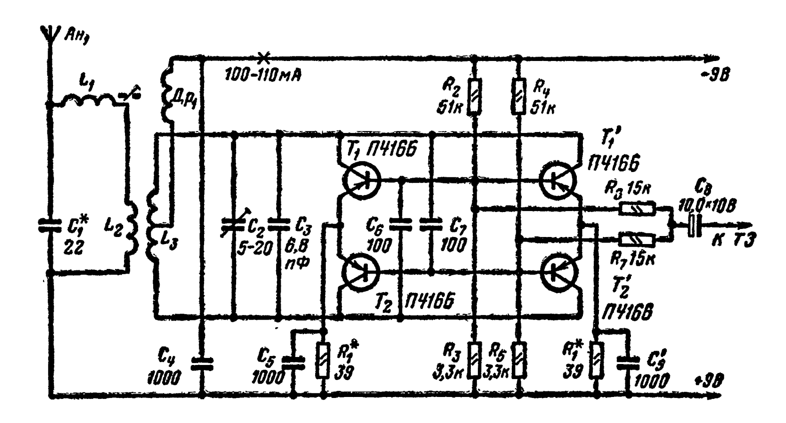


Рис. 8. Принципиальная схема двухтактного автогенератора повышенной мощности.

Передатчик, схема которого представлена на рис. 9, позволяет передавать одновременно две команды. Он содержит два генератора, генерирующих сигналы разных звуковых частот. Эти сигналы передаются поочередно благодаря наличию электронного коммутатора, который переключает команды с частотой около 40 Гц, т. е. каждая из команд передается примерно 20 раз в секунду. Такая скорость переключения команд нужна для того, чтобы реле дешифратора приемника не успевало отпустить якорь и разомкнуть контакты, включившие исполнительный механизм.

В передатчиках без электронного коммутатора командные сигналы от двух генераторов поступают на смеситель, где складываются, образуя при этом, кроме основных, еще и производные частоты. Сигналы производных частот могут вызывать ложное срабатывание дешифраторов, настроенных на другие резонансные частоты. Налаживание такой аппаратуры крайне затруднено для радиолюбителя. При наличии электронного коммутатора ложное срабатывание дешифраторов не происходит.

Генераторы командных сигналов собраны на транзисторах T_7 и T_8 или T_9 и T_{10}. Форма сигналов этих генераторов близка к прямоугольной. С коллектора транзистора T_7 или T_{10} генератора командный сигнал поступает на эмиттерный повторитель, собранный на

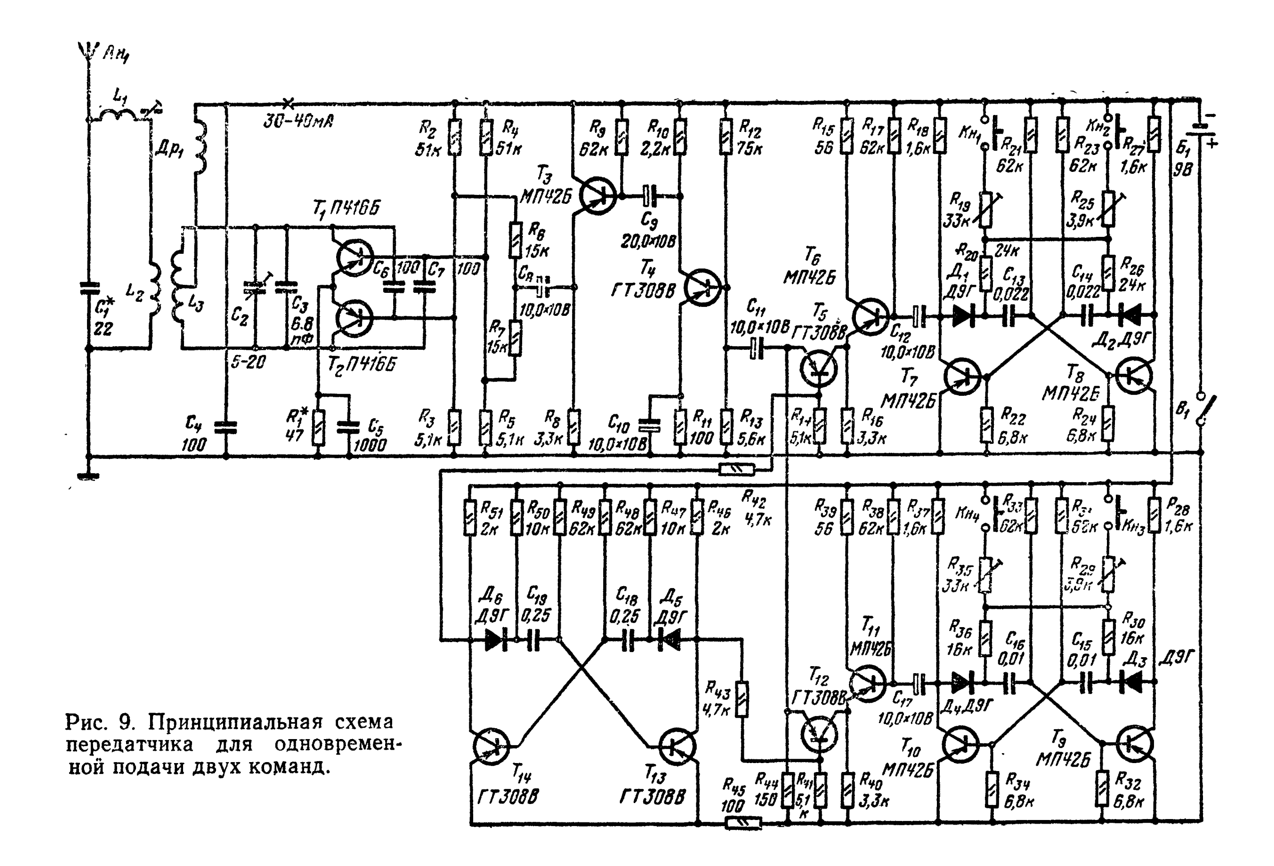


Рис. 9. Принципиальная схема передатчика для одновременной подачи двух команд.

транзисторе T_6 или T_{11} и затем на электронный ключ на транзисторах T_5 и T_{12}. Электронный коммутатор управляет работой ключей. Он собран на транзисторах T_{13} и T_{14} и представляет собой симметричный мультивибратор. Когда транзистор T_{13} открыт, напряжение смещения на базу транзистора T_{12} не подается, вследствие чего он оказывается закрытым и командный сигнал на базу транзистора T_4 усилителя низкой частоты не поступает. В то же самое время транзистор T_{14} закрыт и на базу транзистора T_5 через резисторы R_{51} и R_{42} подается напряжение смещения, открывающее транзистор. Командный сигнал попадает на базу транзистора T_4. В следующий момент времени транзистор T_{13} закрывается, транзистор T_{14} открывается, при этом на базу транзистора T_4 усилителя НЧ поступает командный сигнал от второго генератора. С усилителя низкой частоты и эмиттерного повторителя (транзистор T_3) сигнал поступает на базы транзисторов T_1 и T_2 задающего генератора для модуляции.

Схема задающего генератора не отличается от описанной выше.

В передатчике применены резисторы и конденсаторы тех же типов, что и для предыдущей конструкции. Транзисторы электронных ключей T_5 и T_{12}, переключателя T_{13} и T_{14} и усилителя низкой частоты T_4 (ГТ308) можно заменить на П401 или ГТ322. Их коэффициент $B_{ст}$ должен быть 20—40; обратный ток коллектора $I_{к.о}$ около 1 мкА.

Налаживание генераторов командного сигнала заключается в подборе резисторов и конденсаторов времязадающих цепей $R_{20}C_{13}$, R_6C_{14} и $R_{30}C_{15}$, $R_{36}C_{16}$. Налаживание электронного коммутатора состоит в установлении частоты переключения командных сигналов подбором емкостей конденсаторов C_{19} и C_{18} до получения частоты около 40 Гц.

Для авиамоделей часто бывает необходимо передать одновременно три команды. Принципиальная схема такого передатчика приведена на рис. 10. Она отличается от схемы предыдущего передатчика наличием третьего генератора командного сигнала и кольцевого электронного коммутатора, устанавливающего очередность подачи командных сигналов. Общая частота переключения сигналов около 60 Гц. Частоту переключения устанавливают подбором емкостей конденсаторов C_{11}, C_{12}, C_{13} электронного коммутатора.

Как было сказано выше, аппаратура пропорционального управления довольно сложна. Однако существует способ, который позволяет совместить пропорциональное управление с дискретным, не усложняя приемную бортовую аппаратуру. Для этого надо осуществить модуляцию несущей частоты передатчика звуковой частотой с изменяемой длительностью излучения, т. е. подавать командный сигнал пачками разной длительности. На рис. 11, *а* показана диаграмма командного сигнала звуковой частоты, вырабатываемого непрерывно, а на рис. 11, *б* — прямоугольные импульсы с частотой следования 1 Гц. Если этими импульсами управлять работой генератора, получим пачки командного сигнала (рис. 11, *в*). Когда длительность пачки равна длительности паузы, руль модели будет равномерно перекладываться из одного крайнего положения в другое. При этом вследствие инерционности модель будет двигаться по прямой. Задерживая руль в одном из крайних положений несколько дольше, чем в другом, мы сможем осуществить поворот модели. На рис. 11, *г* и *д* показаны диаграммы командного сигнала для задержки руля в одном крайнем положении, а на рис. 11, *е* и *ж* — в другом. Изменяя длительность сигнала и паузы ручкой управления, можно получить

такой же результат, как и при плавном отклонении руля на любой угол.

Аппаратура, использующая этот принцип управления, получается достаточно простой: приемник — тот же, что и для дискретной системы управления, а в передатчик следует лишь ввести автоматический переключатель, управляющий длительностью посылок. Такой переключатель состоит из мультивибратора, вырабатывающего прямоугольные импульсы частотой около 1 Гц с изменяющейся скваж-

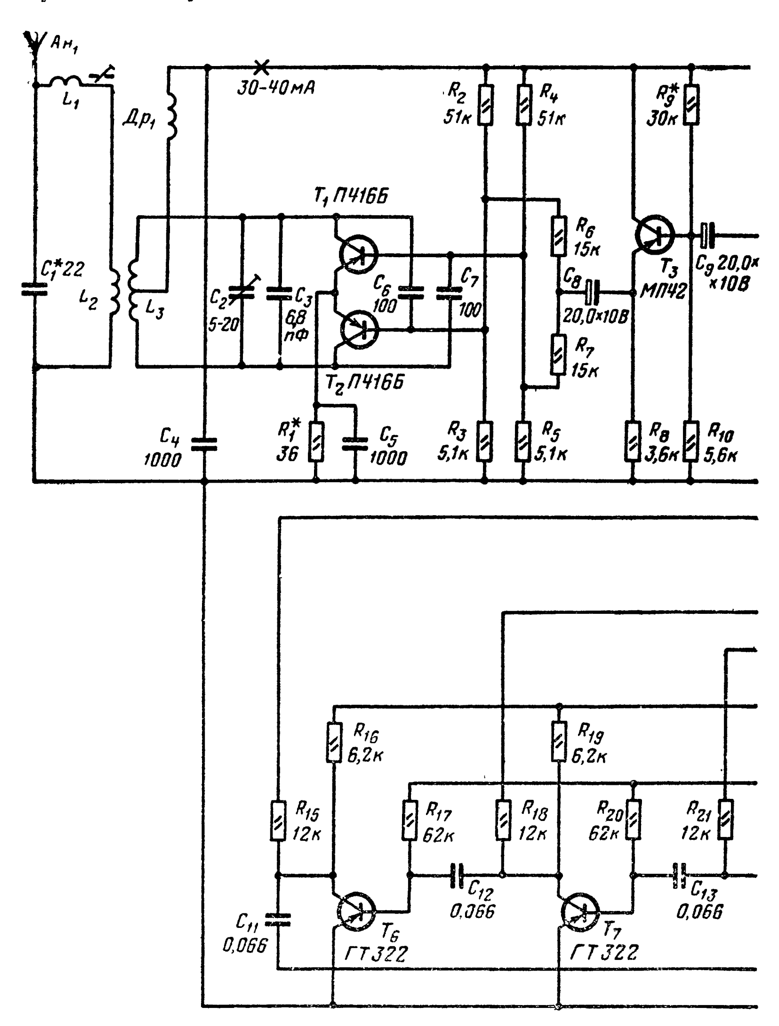
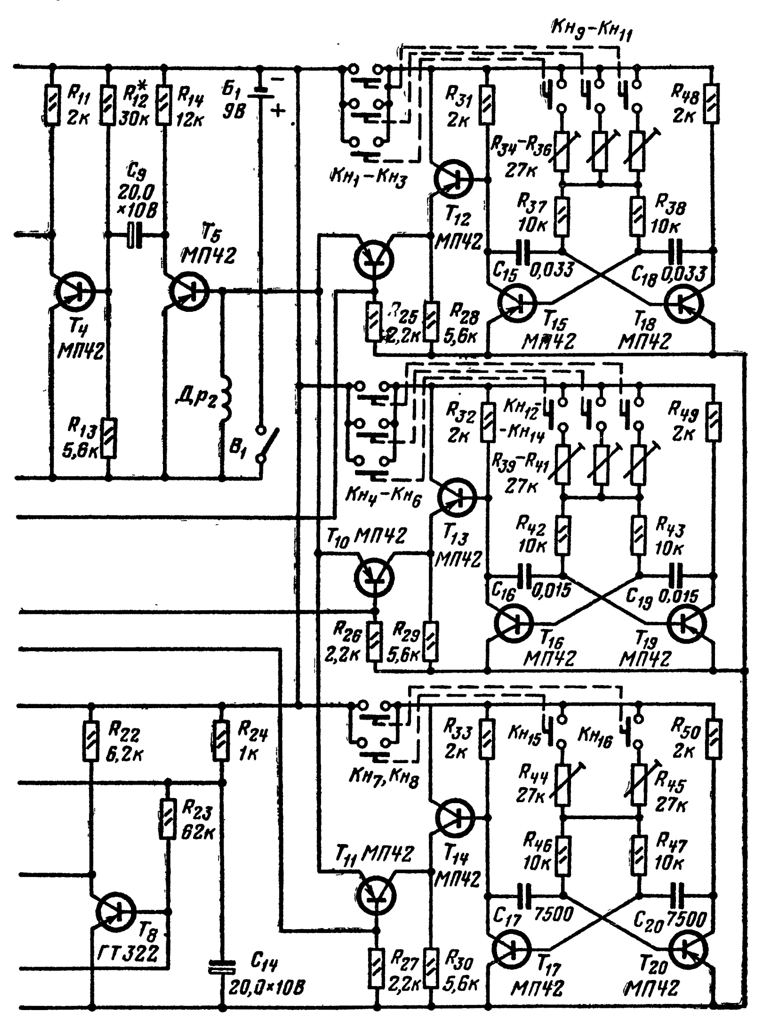


Рис. 10. Принципиальная схема передатчика с электронным

ностью. Скважность регулируется переменным резистором, ось которого является органом управления моделью.

Подобный передатчик испытывался с приемником дискретного действия, установленным на модели планера. Наблюдения за полетом планера показали, что модель имеет плавные движения, характерные для аппаратуры пропорциональной системы. Структурная схема передатчика изображена на рис. 12, а принципиальная схема — на рис. 13.



коммутатором для одновременной подачи трех команд.

Командный сигнал звуковой частоты, служащий для модуляции несущей частоты передатчика, создается мультивибратором (транзисторы T_7 и T_8), работающим в непрерывном режиме. Частота сигнала зависит от сопротивления переменного резистора R_{21} и может быть изменена в пределах от 350 до 1150 Гц. Для командного сигнала частотой выше 1150 Гц необходимо уменьшить емкости конденсаторов C_{13} и C_{14} до 0,015 мкФ. Движок переменного резистора R_{21}

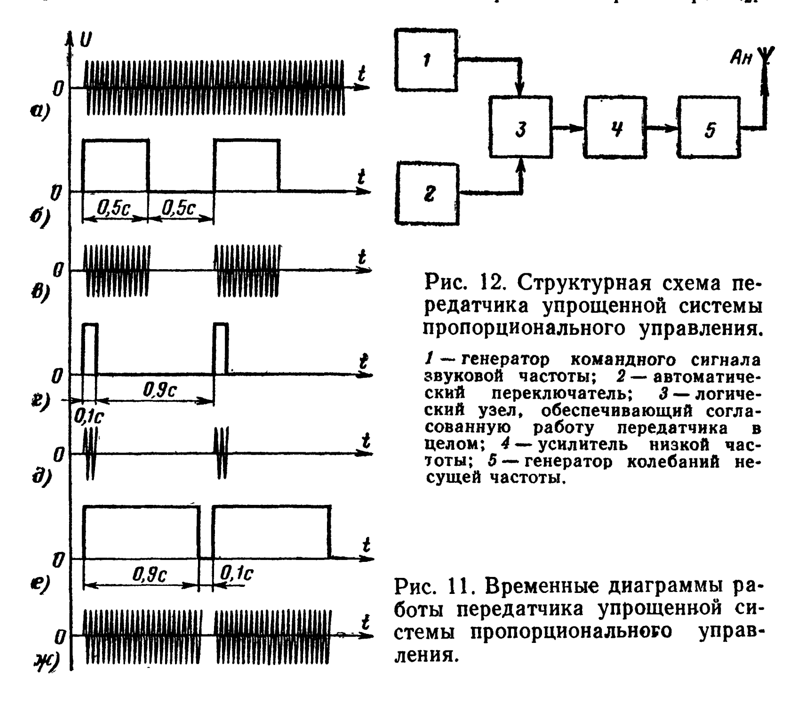


Рис. 12. Структурная схема передатчика упрощенной системы пропорционального управления.

1 — генератор командного сигнала звуковой частоты; *2* — автоматический переключатель; *3* — логический узел, обеспечивающий согласованную работу передатчика в целом; *4* — усилитель низкой частоты; *5* — генератор колебаний несущей частоты.

Рис. 11. Временные диаграммы работы передатчика упрощенной системы пропорционального управления.

устанавливают по моменту срабатывания электромагнитного реле ячейки дешифратора приемника.

Автоматический переключатель собран на транзисторах T_9 и T_{10}. Частота следования импульсов около 1 Гц и зависит от емкости электролитических конденсаторов C_{15} и C_{16}. Скважность импульсов регулируют переменным резистором R_{24}, ось которого выведена на переднюю панель передатчика.

В логическом устройстве работают диоды $Д_1 — Д_3$ и транзистор T_6.

Вырабатываемый генератором звуковой частоты командный сигнал через днод $Д_2$ поступает в точку соединения диодов $Д_1$ и $Д_3$. Сюда же через резистор R_{16} поступает напряжение смещения транзистора T_6. В то время, когда транзистор T_9 автоматического переключателя закрыт, сигнал звуковой частоты и напряжение смещения поступает через диод $Д_1$ на базу транзистора T_6, работающего в ключевом режиме. При этом транзистор T_6 открывается и через него

сигнал звуковой частоты поступает на базу транзистора T_5 для усиления. Когда же транзистор T_9 открыт, сигнал звуковой частоты и напряжение смещения через диод $Д_3$ и открытый транзистор замыкаются на общий провод. В это время транзистор T_6 закрыт, так как смещение на его базу не подается.

Усиленный транзистором T_5 командный сигнал поступает на базы транзисторов T_1, T_2 и T_3, T_4 для модуляции несущей частоты передатчика. Переменным резистором R_9 устанавливают необходимую глубину модуляции частоты передатчика.

Резистор R_{16} и конденсатор C_{12} образуют ячейку развязывающего фильтра.

Питается передатчик от двух батарей 3336Л, соединенных последовательно; потребляемый ток составляет 100—110 мА.

При монтаже передатчика генератор несущей частоты необходимо отделить от остальных деталей экраном из белой жести и соединить его с общим проводом.

Конструкция катушек L_1—L_3, схема их включения и моточные данные не отличаются от приведенных ранее.

Постоянные резисторы использованы типов УЛМ и МЛТ, подстроечный резистор R_{16} — типа СПЗ-1б, переменные резисторы R_9 и R_{21} — типа СПО, а R_{24} — типа СП. Конденсаторы типов ЭМ, «Тесла», КТ, КД, КЛС, КПМ, МБМ.

Коэффициент $B_{ст}$ транзисторов может быть в пределах 30—100.

Генератор высокой частоты, генератор командного сигнала, автоматический переключатель и логическое устройство передатчика следует предварительно наладить на макете. Для проверки работы макета можно использовать высокоомные головные телефоны типа ТОН-1, авометр, осциллограф, частотомер. Головные телефоны включают между выводом положительной обкладки электролитического конденсатора C_9, предварительно отключив его от резисторов R_7 и R_8, и общим проводом. Движки переменных резисторов R_{21} и R_{24} ставят в среднее положение, а резистора R_9 — в нижнее (по схеме). При включении питания в телефонах должен быть слышен периодически появляющийся сигнал одного определенного тона. Затем авометром производят необходимые измерения. Если напряжения значительно отличаются от указанных на схеме (они измерены авометром типа Ц-20), то следует подобрать резисторы R_{15} и R_{25}.

Вращением оси переменного резистора R_{21} проверяют изменение частоты командного сигнала, контролируя его телефоном. При наличии осциллографа следует проверить симметричность импульсов командного сигнала звуковой частоты. Осциллограф подключают между коллектором транзистора T_7 (через конденсатор емкостью 0,5—1 мкФ) и общим проводом. При асимметрии импульсов следует подобрать резистор R_{19} или R_{20}.

Установив переменным резистором R_{24} длительность командного сигнала, равную длительности паузы, проверяют по часам с секундной стрелкой число пачек за одну минуту. Их должно быть 60—65. Если это число больше или меньше, следует соответственно увеличить или уменьшить емкости конденсаторов C_{15} и C_{16}.

Соотношение длительности сигнала и паузы проверяют, изменяя положение движка переменного резистора R_{24} сначала в одну, а затем в другую сторону.

Режим работы транзистора T_6 логического устройства устанавливают подстроечным резистором R_{16}. При этом параллельно телефонам подключают высокоомный вольтметр переменного тока. Уста-

новив переменным резистором R_{24} наибольшую длительность сигнала, осторожно изменяют сопротивление резистора R_{16}, добиваясь наибольшей громкости сигнала в телефонах и наибольшего отклонения стрелки вольтметра.

После того как шифратор будет налажен и смонтирован на плате, миллиамперметром измеряют общий ток коллекторов транзи-

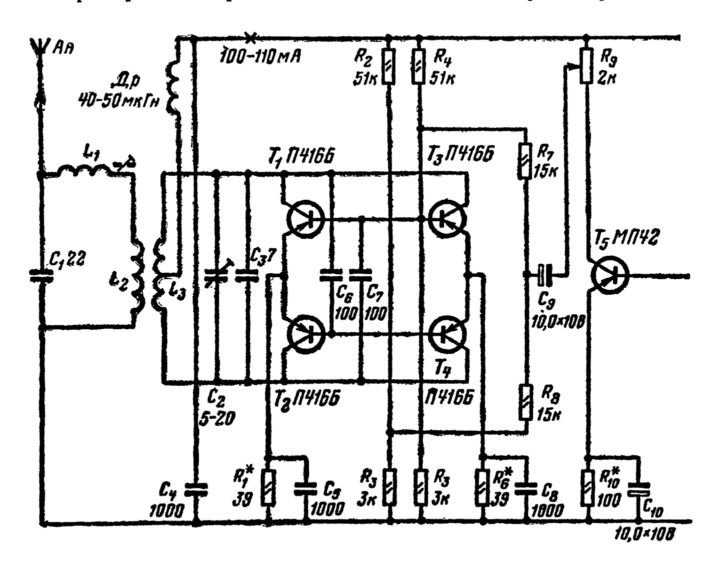


Рис. 13. Принципиальная схема передатчика упрощенной

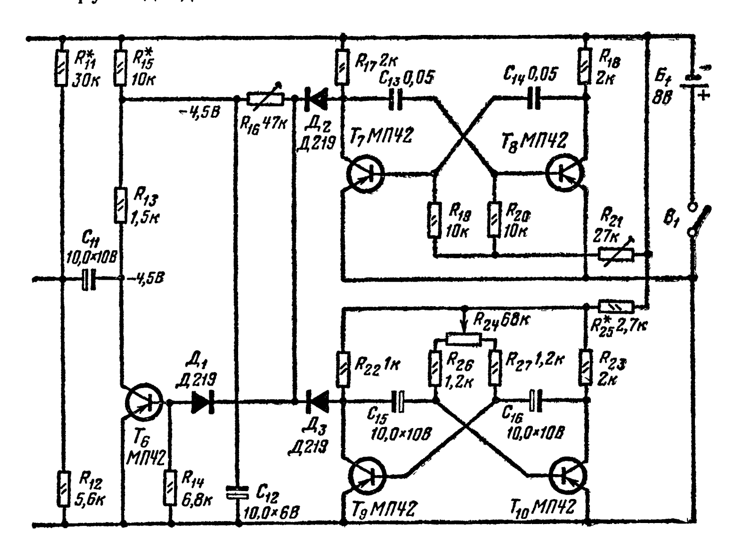
сторов T_1 — T_4 генератора высокой частоты. Значение этого тока, указанное на схеме, устанавливают одновременным изменением сопротивлений резисторов R_1 и R_6.

Окончательно передатчик налаживают в полевых условиях при совместной работе с приемником радиоуправляемой модели. Налаживание заключается в подстройке частоты, вырабатываемой генератором командного сигнала, и настройке контура приемника на несущую частоту передатчика. При налаживании передатчик и приемник разносят один относительно другого на расстояние 50—80 м.

После этого проверяют дальность действия передатчика, для чего приемник удаляют от передатчика на предельное расстояние, при котором еще срабатывает реле ячейки дешифратора. Если это расстояние меньше 1,2—1,5 км, то резистором R_9 передатчика несколько увеличивают глубину модуляции несущей и вновь проверяют предельное расстояние. Для авиамоделей можно считать достаточным расстояние не менее 1 км, при котором четко срабатывает реле дешифратора приемника.

Радиолюбителям, желающим получить улучшенную форму командного сигнала и управляющих импульсов, для более четкой работы аппаратуры можно рекомендовать более сложную схему мульти-

вибратора, приведенную на рис. 14. Собрав генератор командного сигнала и автоматический переключатель по данной схеме, можно получить форму импульса, очень близкую к прямоугольной. Для этого в схему мультивибратора введены отдельные цепи заряда времязадающих конденсаторов. Цепи заряда отделены от коллекторных нагрузок диодами.



системы пропорционального управления.

В генераторе командного сигнала цепи заряда состоят из резисторов R_{21}, R_{28} и R_{29} и разделительных диодов $Д_4$ и $Д_5$. В автоматическом переключателе — соответственно из резисторов R_{24}, R_{32} и R_{33} и диодов $Д_6$ и $Д_7$.

При налаживании мультивибраторов необходимо форму импульсов просматривать на экране осциллографа.

На рис. 15 приведена принципиальная схема другого передатчика. Она отличается от предыдущей отсутствием логического узла и усилителя низкой частоты. Работа генераторов высокой частоты и командного сигнала, а также автоматического переключателя согласуется с помощью диодов.

Командный сигнал звуковой частоты для модуляции несущей передатчика получают от мультивибратора, собранного на транзисторах T_5 и T_6. Коллектор транзистора T_5 и базы транзисторов T_1, T_3 соединены диодом $Д_1$. Положительные импульсы командного сигнала, поступающие через диод $Д_1$ на базы транзисторов T_1 и T_3, управляют работой задающего генератора с частотой командного сигнала.

Длительностью посылок командного сигнала и паузы управляет автоматический переключатель, собранный на транзисторах T_7 и T_8.

Положительные импульсы автоматического переключателя используются для управления работой генератора командного сигнала. Для этого управляющие импульсы через диод $Д_3$ подаются на базу транзистора T_6. Положительным импульсом он закрывается, и модуляция несущей частоты передатчика прекращается.

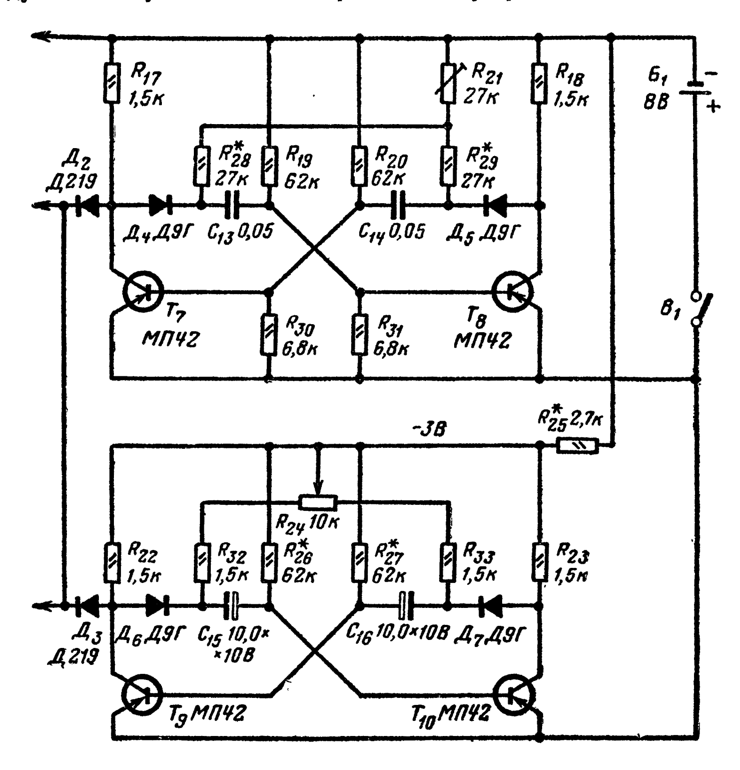


Рис. 14. Принципиальная схема мультивибратора, вырабатывающего сигнал прямоугольной формы.

Батарея $Б_2$ служит для создания необходимого напряжения смещения на каждом из управляющих генераторов относительно управляемого.

Генератор командного сигнала и автоматический переключатель сначала собирают и налаживают на макете. Для проверки используют высокоомные головные телефоны типа ТОН-1. Телефоны включают между общим проводом и анодом диода $Д_1$ через конденсатор емкостью 1 мкФ. Движки переменных резисторов R_9 и R_{14} должны находиться в среднем положении. В головных телефонах будет слышен командный сигнал, появляющийся через определенные промежутки времени. При изменении сопротивления резистора R_9 будет изменяться частота командного сигнала. В среднем положении движка

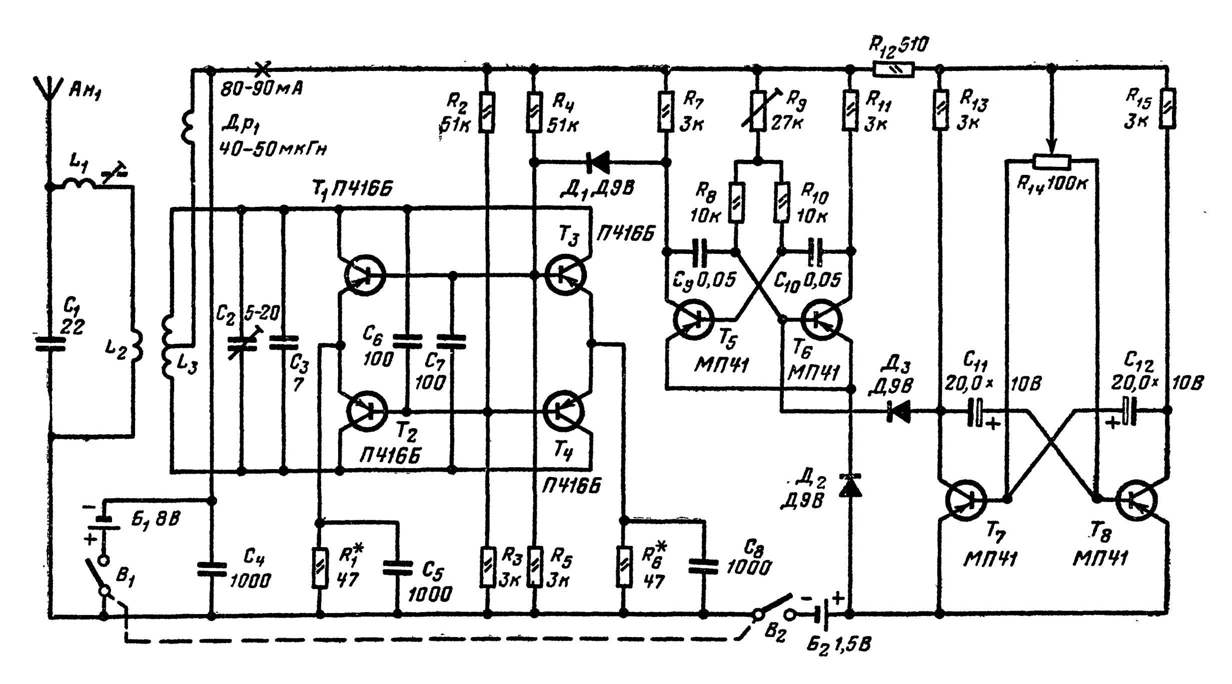


Рис. 15. Принципиальная схема передатчика упрощенной системы пропорционального управления, работающего в импульсном режиме.

резистора R_{14} длительность командного сигнала должна быть примерно равна длительности паузы. Изменение сопротивления резистора R_{14} в одну сторону будет увеличивать длительность сигнала, а в другую — паузы. Число пачек сигналов должно составлять 60—65 в минуту.

В данном передатчике можно применять мультивибратор, собранный по схеме рис. 14.

Передатчик пропорционального управления для приемника, описанного в предыдущем разделе, собран на шести транзисторах (рис. 16). Его высокочастотная часть аналогична высокочастотной части других передатчиков.

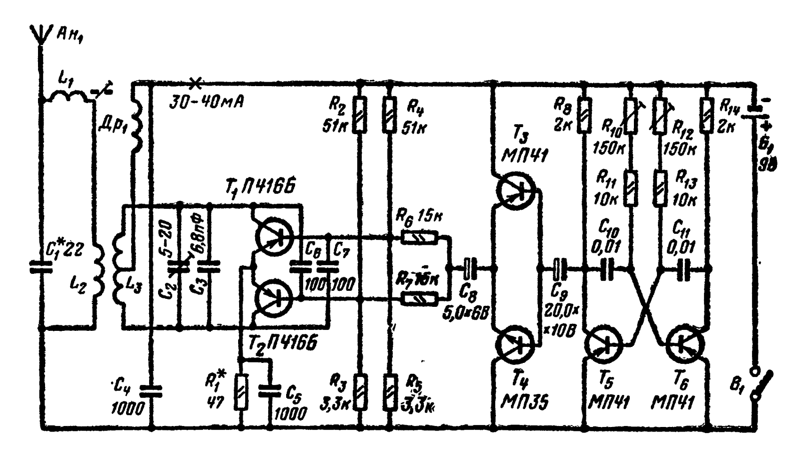


Рис. 16. Принципиальная схема простого передатчика пропорционального управления.

Генератор командного сигнала представляет собой мультивибратор, работающий в диапазоне частот 1,8—3,8 кГц. Частоту изменяют перемещением движка переменного резистора R_{10}. Резистор R_{12} служит для установки руля модели в среднее положение, обеспечивающее прямолинейное движение. При этом движок резистора R_{10} находится в среднем положении. Командный сигнал выделяется на резисторе R_8 и через электролитический конденсатор C_9 подается на базы транзисторов T_3 и T_4 двухтактного эмиттерного повторителя, а затем через конденсатор C_8 — на базы транзисторов T_1 и T_2 для модуляции несущей частоты передатчика.

При подборе пар транзисторов необходимо добиваться идентичности параметров по обратному току коллектора и коэффициенту $B_{ст}$.

Если окажется, что получаемые полупериоды командного сигнала не равны, необходимо на средней частоте генератора, равной 2,8 кГц, подобрать емкости конденсаторов C_{10} и C_{11} или сопротивление одного из резисторов R_8 или R_{14}.

Напряжение переменного тока частотой 2,8 кГц на обкладках конденсаторов C_9 и C_8, измеренное ламповым вольтметром, состав-

ляет примерно 3,3 В и к крайним частотам диапазона несколько уменьшается.

Для проверки работы двухтактного эмиттерного повторителя нужно отключить минусовой вывод конденсатора C_9 от коллектора транзистора T_5 и измерить авометром напряжения на базах и эмиттерах транзисторов T_3 и T_4 относительно общего провода. Эти напряжения при одинаковых параметрах транзисторов должны быть равны нулю.

При недостаточной глубине модуляции несущей частоты передатчика надо уменьшить сопротивления резисторов R_6 и R_7.

В передатчике применены резисторы типа УЛМ, МЛТ, МТ, переменные резисторы типа СП, конденсаторы типов КТ, КД, КЛС, К50-3, КПМ.

Питание осуществляется от двух батарей типа 3336Л, соединенных последовательно. Можно применить аккумуляторную батарею 7Д-0,1, применение батареи «Крона» нежелательно из-за ее большого внутреннего сопротивления.

Ручка управления (ось резистора R_{10}) выведена на переднюю панель передатчика. Ее движение ограничено упорами на крайних частотах. На ось переменного резистора R_{12} насажен диск с насечкой. Его край выступает в отверстие крышки передатчика.

Все детали укреплены непосредственно на монтажной плате передатчика. Соединительные проводники между деталями должны быть как можно короче.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Наладить радиоаппаратуру нельзя без контрольно-измерительных приборов, хотя бы самых примитивных, с помощью которых радиолюбитель мог бы проверить годность радиодеталей, измерить токи и напряжения, частоту передатчика и т. д. Если при налаживании простых приемников прямого усиления на транзисторах еще можно как-то обойтись одним только авометром, то проверка деталей и налаживание аппаратуры для радиоуправляемых моделей требует применения вспомогательных приборов, изготовить которые под силу самому радиолюбителю. К таким приборам относятся простейшие пробники, авометр, испытатель транзисторов, волномер, индикатор напряженности поля, контрольный приемник, звуковой генератор, генератор ВЧ.

Изготовление малогабаритной приемо-передающей аппаратуры потребует применения миниатюрного паяльника, а намотка катушек на ферритовых кольцах — челнока.

Описанию вспомогательных приборов и приспособлений, доступных для изготовления радиолюбителем, посвящен настоящий раздел.

Контрольный приемник. Успех в соревнованиях по радиоуправлению моделями во многом зависит от четкости передаваемых команд. Проверить работу передающей аппаратуры можно с помощью простого контрольного приемника, на слух. Такой приемник, кроме того, укажет и на наличие помех, способных нарушить нормальную работу приемной аппаратуры модели. Наконец, он может быть использован как индикатор в процессе налаживания передатчика.

Принципиальная схема контрольного приемника приведена на рис. 17. Сигнал высокой частоты передатчика, принятый антенной, поступает через конденсатор C_1 на базу транзистора T_1 апериодического усилителя высокой частоты. Усиленный сигнал выделяется на

дросселе $Др_1$ и через конденсатор C_2 попадает на коллектор транзистора T_2 сверхрегенеративного детектора. Выделенный на резисторе R_6 сигнал низкой частоты через ячейку фильтра R_7C_9 и конденсатор C_{10} поступает на вход трехкаскадного усилителя низкой частоты (T_3 — T_5). При желании можно осуществить громкоговорящий прием, заменив телефон малогабаритным громкоговорителем с выходным трансформатором.

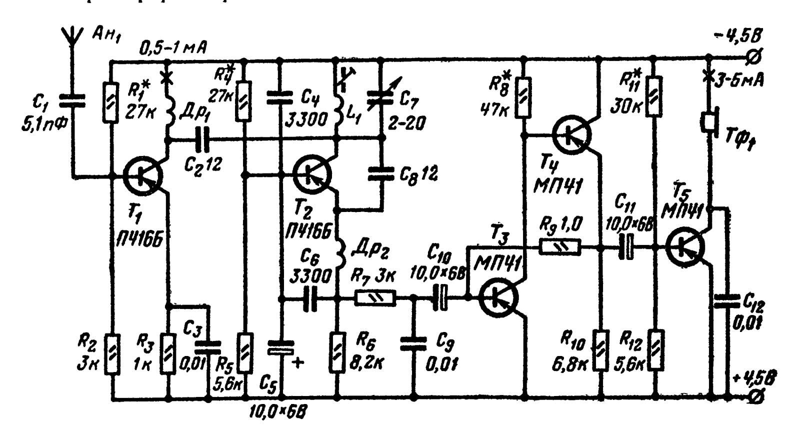


Рис. 17. Принципиальная схема контрольного приемника.

Чувствительность приемника не хуже 5 мкВ, диапазон принимаемых частот 26,0—32,0 МГц, питание от одной батареи типа 3336Л. В качестве антенны могут быть использованы телескопическая от приемника «Спидола», латунная или медная трубка диаметром 4 и длиной 900—1000 мм либо отрезок гибкого монтажного провода той же длины.

Все детали приемника не отличаются от деталей, приведенных во втором разделе, включая катушки, дроссели и транзисторы. Конденсатор C_7 — подстроечный, с воздушным диэлектриком. Телефон—капсюль от слухового аппарата «Кристалл». Его можно заменить электромагнитным телефоном с сопротивлением катушек 60—150 Ом.

Конструкция приемника может быть любой в зависимости от корпуса и его габаритов.

Налаживание приемника в принципе не отличается от налаживания приемников для радиоуправляемых моделей.

Рекомендуется следующий порядок налаживания. Вместо постоянных резисторов R_1, R_4, R_8, R_{11} впаивают переменные. Прикоснувшись к выводу базы транзистора T_3, вращением осей переменных резисторов R_{11} и R_8 добиваются появления в телефоне сигнала низкого тона. Затем резистором R_4 устанавливают напряжение смещения на базе транзистора T_2 так, чтобы появился «суперный» шум, сигнализирующий о нормальной работе сверхрегенеративного детектора. Далее, настраивая контур L_1C_7, делают попытку приема радиостанции в любительском диапазоне, одновременно подбирая сопротивление резистора R_1. Добившись приема какой-либо радиостанции, еще раз подбирают сопротивления всех переменных

резисторов так, чтобы громкость приема была наибольшей. У хорошо налаженного приемника при настройке на радиостанцию «суперный» шум должен исчезнуть. После этого переменные резисторы отпаивают, измеряют их сопротивления и заменяют постоянными.

Самодельный низковольтный паяльник. Правилами техники безопасности предусмотрена работа паяльника от источника тока напряжением не выше 36 В. Условия монтажа малогабаритной радиоап-

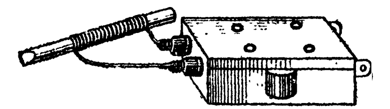


Рис. 18. Общий вид малогабаритного низковольтного паяльника.

паратуры требуют применения миниатюрного паяльника. Ниже приводится описание самодельного миниатюрного паяльника с нагревательным элементом на рабочее напряжение 6 В. Для питания нагревательного элемента паяльника используют самодельный трансформатор или накальную обмотку трансформатора лампового приемника, потребляющего от сети мощность не менее 70—80 Вт. Нагревательный элемент паяльника подключают к обмотке трансформатора только во время пайки. Время нагрева паяльника составляет 12—15 с.

Материалом для нагревательного элемента служит нихромовый провод диаметром 1 мм без изоляции. В качестве медного стержня используют кусок обмоточного провода марки ПБО или ПБД диаметром 3 и длиной 40 мм, с которого удалена хлопчатобумажная обмотка. Можно взять и медный пруток тех же размеров. Нихромовый провод наматывают непосредственно на медный стержень без изоляции. После включения в сеть медный стержень и нагревательный элемент покроются окалиной, которая и будет служить изоляцией. Обмотка нагревательного элемента содержит 17—20 витков, намотанных в середине стержня.

Выводы нагревательного элемента припаивают к контактным лепесткам переключателя любого типа (например Д703). Перед этим выводы нагревательного элемента залуживают с кислотой, тщательно протирают для удаления ее остатков и обматывают одним слоем медного луженого провода диаметром 0,15—0,2 мм для улучшения электрического контакта и увеличения массы места спая.

Для соединения паяльника с трансформатором используют любой гибкий монтажный провод диаметром 1,2—1,5 мм и длиной около 1 м.

Общий вид и электрическая схема паяльника показаны на рис. 18 и 19. Самодельный трансформатор можно выполнить на Ш-образном сердечнике.

При площади поперечного сечения сердечника 8 см² первичная обмотка содержит: *Iа* — 625 витков провода ПЭЛ 0,47—0,55; *Iб* — 475 витков провода ПЭЛ 0,35—0,4 мм. Вторичная обмотка содержит 30 витков провода ПЭЛ 1,8—2,3 мм. Для сердечника сечением 9 см²: *Iа* — 556 витков; *Iб* — 422 витка; *II* — 27 витков. Для сердечника сечением 10 см²; *Iа* — 500; *Iб* — 380; *II* — 24 витка. Для сердечника сечением 11 см²: *Iа* — 455; *Iб* — 345; *II* — 22 витка. Наконец, для сердечника сечением 12 см²; *Iа* — 417; *Iб* — 316; *II* — 20 витков (диаметры проводов те же).

Волномер. Контуры генератора и антенны передатчика удобно настраивать с помощью самодельного волномера. Принципиальная схема такого волномера представлена на рис. 20. Он представляет собой детекторный приемник со стрелочным индикатором на выходе. Сигнал передатчика принимается непосредственно катушкой волномера. Затем он детектируется и отклоняет стрелку индикатора на определенный угол. Чем больше уровень сигнала, тем больше от-

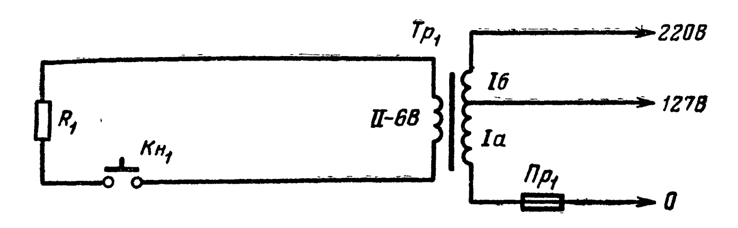


Рис. 19. Электрическая схема паяльника.

клоняется стрелка индикатора. На частоту передатчика волномер настраивают конденсатором C_2.

Катушка L_1 имеет 10 витков провода ПЭЛ 1,2 мм, намотанных виток к витку на каркасе диаметром 22 мм с отводом от третьего витка, считая от нижнего (по схеме) вывода. Намотанную катушку снимают с каркаса и устанавливают непосредственно на конденсаторе C_2.

Рис. 20. Принципиальная схема волномера.

Микроамперметр может быть любого типа, например М-592.

Шкала волномера должна быть проградуирована в мегагерцах по УКВ генератору стандартных сигналов (в радиоклубе ДОСААФ или лаборатории радиокружка). При градуировке к выходу генератора стандартных сигналов подключают отрезок провода длиной 500—700 мм, в непосредственной близости от которого располагают катушку волномера, так чтобы стрелка индикатора при настройке на частоту генератора находилась ближе к середине шкалы. Отметки на шкале делают не реже чем через 1 МГц. В случае необходимости устанавливают диапазон волномера, сдвигая и раздвигая витки катушки L_1.

Пробники. Существует много всевозможных приборов для проверки работоспособности и определения параметров различных радиодеталей, исправности цепей монтажа и т. д. При отсутствии такой аппаратуры применяют простейшие приборы, позволяющие определять отсутствие обрывов в обмотках трансформаторов, замыкание обкладок конденсаторов, прохождение токов в различных электрических цепях, исправность цепей монтажа и т. д. Такие приборы называют пробниками. Пробник состоит из источника тока

и какого-либо индикатора: лампочки от карманного фонаря, головных телефонов, миллиамперметра и др. (рис. 21, *а—в*).

Перед началом работы с пробником необходимо убедиться, что при замыкании щупов накоротко индикатор дает показания, т. е. лампочка загорается, стрелка миллиамперметра отклоняется и т. д. При проверке цепей (или деталей) щупами касаются тех или иных точек и по показаниям индикатора судят об исправности. Обрыв

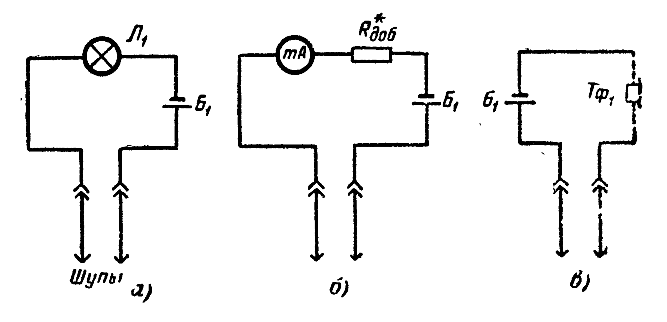


Рис. 21. Простейшие пробники.

а — с электрической лампочкой; *б* — со стрелочным прибором; *в* — с головными телефонами.

проводов лучше всего проверять пробником с лампочкой или миллиамперметром, обмотки трансформаторов — с телефоном, диодов — с миллиамперметром.

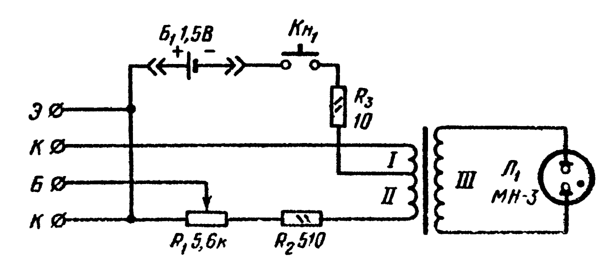


Рис. 22. Принципиальная схема простейшего прибора с оптическим индикатором для проверки годности транзисторов.

Конструкция пробников может быть любой.

Простые приборы для определения годности транзисторов. Для определения годности транзистора и его коэффициента $B_{ст}$ рекомендуют два прибора: с оптическим и звуковым индикаторами. Первый из них предназначен для проверки и определения коэффициента $B_{ст}$ на переменном токе. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 22.

Прибором можно проверять транзисторы как *p-n-p*, так и *n-p-n* типов. Пределы измерения коэффициентов $B_{ст}$ в схеме с общим эмиттером от 10 до 200. Питается прибор от одного элемента 316, 332, 373 с рабочим напряжением 1,3—1,5 В. Индикатором служит лампа $Л_1$. Измерение коэффициента усиления производится в режиме генерации. Переключение прибора для проверки транзисторов *p-n-p* и *n-p-n* производится изменением полярности элемента $Б_1$. Прибор прост в изготовлении и не требует налаживания. Следует обратить внимание на тщательность изготовления трансформатора. Его обмотки содержат: *I* — 35 витков провода ПЭЛ 0,1, *II* — 70 витков того же провода, *III* — до заполнения проводом ПЭЛ 0,08 мм. Сердечником трансформатора служит кольцо *К* размером 10×6×5 из феррита 1000НН.

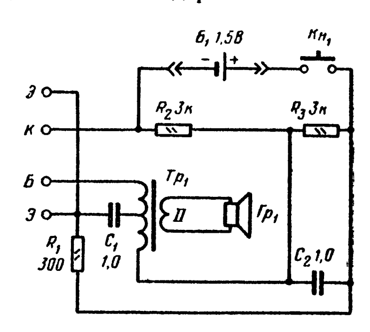


Рис. 23. Принципиальная схема простейшего прибора со звуковым индикатором для определения годности транзисторов.

Коэффициент $B_{ст}$ транзистора определяют по началу возникновения генерации, о чем свидетельствует свечение неоновой лампы. Для этого вращают ось переменного резистора R_1, на которой укреплена стрелка указателя, а на панели наклеена шкала с показателями коэффициента усиления транзисторов. Шкалу градуируют с помощью образцовых транзисторов, коэффициент $B_{ст}$ которых известен.

Второй прибор позволяет определять только годность транзистора. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 23. Индикатором служит громкоговоритель $Гр_1$. Питается прибор также от одного элемента (любого типа) напряжением 1,3—1,5 В. Проверять можно транзисторы *p-n-p* и *n-p-n*, как высокочастотные, так и низкочастотные. Трансформатор — выходной малогабаритный от любого транзисторного приемника. Громкоговоритель — малогабаритный любого типа, например 0,1 ГД-6 или 0,1 ГД-12. Прибор налаживания не требует.

Индикатор напряженности поля. Одним из важных параметров системы радиоуправления является создаваемая передатчиком напряженность поля. Обычно измеряют напряженность электрического поля на расстоянии 4—5 м от передатчика. С помощью индикатора напряженности поля можно также настроить антенну передатчика, выбрать оптимальную связь его антенны с контуром, произвести относительные измерения мощности, излучаемой передатчиком. Проградуировав шкалу колебательного контура прибора по частоте, его можно использовать и как волномер.

Принципиальная схема такого прибора приведена на рис. 24. Он представляет собой детекторный приемник с однотранзисторным усилителем тока и стрелочным индикатором на выходе. Катушка L_1 имеет 10 витков провода ПЭЛ диаметром 1,2—1,3 мм, намотанных виток к витку на каркасе диаметром 22 мм, с отводом от третьего витка, считая от нижнего (по схеме) вывода. Намотанную катушку

снимают с каркаса и крепят выводами непосредственно на конденсаторе настройки. Конденсатор C_2 — подстроечный с воздушным диэлектриком. Микроамперметр любого типа (например М-24, М-592).

Перед началом измерений переменным резистором R_1 устанавливают стрелку микроамперметра на нуль. Выключателем B_1 подключают параллельно микроамперметру резисторы R_2 и R_3 (для уменьшения его чувствительности). В зависимости от расстояния между передатчиком и прибором чувствительность микроамперметра можно изменять переменным резистором R_2.

Корпус индикатора должен быть обязательно изготовлен из металла, чтобы сигнал от передатчика не попадал в индикатор, минуя антенну. К передней панели корпуса крепят монтажную плату, вы-

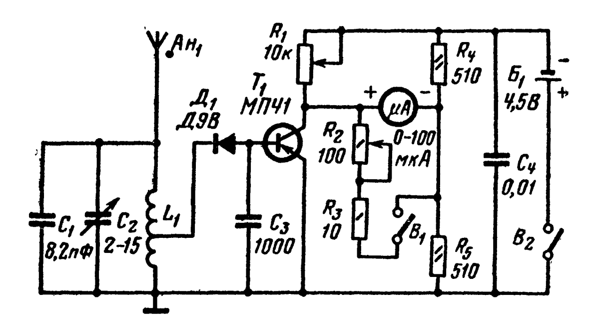


Рис. 24. Принципиальная схема индикатора напряженности поля.

ключатели B_1 и B_2, переменные резисторы R_1 и R_2, микроамперметр, зажимы крепления антенны и источник питания.

В качестве антенны используют медную или латунную трубку диаметром 3—4 и длиной около 500 мм. Трубку можно заменить прутком или проводом.

Транзистор T_1 должен иметь коэффициент $B_{ст}$ от 60 до 100 и обратный ток коллектора $I_{к.о}$ не более 2—3 мкА.

Налаживания прибор не требует. Градуируют его так же, как и волномер — по УКВ сигнал-генератору. Для связи прибора с сигнал-генератором к последнему подключают катушку из 1,5—2 витков провода и индуктивно связывают ее с антенной прибора.

При пользовании прибором его устанавливают на расстоянии нескольких метров от проверяемого передатчика так, чтобы стрелка микроамперметра при настройке находилась примерно в середине шкалы. Настраивая антенну передатчика, следят за показаниями прибора, увеличение которых свидетельствует об увеличении излучаемой мощности. Аналогично поступают при подборе связи антенны передатчика с контуром.

В случае перегрузки микроамперметра («зашкаливания») прибор относят от передатчика на большее расстояние или уменьшают его чувствительность (резистором R_2). Для предотвращения выхода из строя микроамперметра рекомендуется постоянно соблюдать определенный порядок работы с прибором. Например, уменьшить чув-

ствительность микроамперметра до минимальной величины перед включением прибора, затем включить прибор и, постепенно удаляя его от передатчика, увеличить чувствительность так, чтобы стрелка индикатора установилась примерно в середине шкалы. При настройке передатчика следят за тем, чтобы стрелка не «зашкаливала», постепенно уменьшая чувствительность прибора.

Челнок для намотки катушек на ферритовых кольцах (рис. 25) изготовлен из тонкой вязальной спицы диаметром 1,2—1,5 мм. Концы спицы отжигают и немного расплющивают молотком на длину

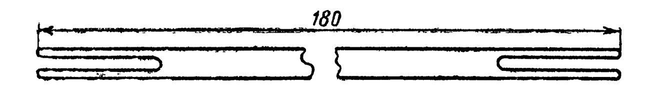


Рис. 25. Челнок для намотки тороидальных катушек.

10—12 мм. Затем лобзиком с пилкой по металлу делают продольный пропил длиной 8—9 мм. Бархатным напильником или надфилем опиливают расплющенные края спицы и окончательно зачищают мелкой шкуркой так, чтобы исключалось повреждение изоляции обмоточного провода.

Резак по металлу и пластмассе. Его изготовляют из обломка ножовочного полотна по металлу с заточенным концом по определенному профилю (рис. 26). Заточку производят на наждачном камне.



Рис. 26. Резак для пластмассы и мягкого металла.

Ручку резака изготовляют путем навертывания на полотно обычной электроизоляционной ленты, применяемой при электромонтажных работах.

Звуковой генератор. Большую помощь при налаживании аппаратуры может оказать самодельный звуковой генератор, собранный по простейшей схеме. С его помощью можно наладить усилитель низкой частоты, электронное реле, промодулировать несущую частоту передатчика и т. д. На рис. 27 приведена схема звукового генератора, собранного на двух транзисторах. Собственно генератор собран на транзисторе T_1. Необходимая для самовозбуждения положительная обратная связь достигается за счет последовательного включения двух RC ячеек. Резистором R_4 изменяют частоту генерации.

Транзистор T_2 является эмиттерным повторителем. В цепь его эмиттера включен переменный резистор R_6, регулирующий выходное напряжение. Кроме того, на выходе прибора включен ступенчатый делитель напряжения, составленный из резисторов R_7—R_{10}, позволяющий понижать снимаемое с резистора R_6 выходное напряжение в 1000, 100 и 10 раз.

Питается звуковой генератор от двух батарей 3336Л. Конструкция прибора может быть любой.

При налаживании звукового генератора отключают от коллектора транзистора T_1 вывод конденсатора C_2. Между коллектором и

эмиттером подключают вольтметр постоянного тока. Подбором резистора R_1 устанавливают по вольтметру напряжение, примерно равное половине напряжения источника питания, т. е. около 4 В. Припаивают вывод конденсатора C_2 к коллектору, движок резистора R_6 устанавливают в верхнее (по схеме) положение, а к выходному гнезду $Гн_1$ подключают головные телефоны. После включения прибора в головных телефонах должен быть слышен сигнал звуковой частоты. Вращением оси переменного резистора R_4 проверяют изменение сигнала по частоте. В случае необходимости изменения диапазона

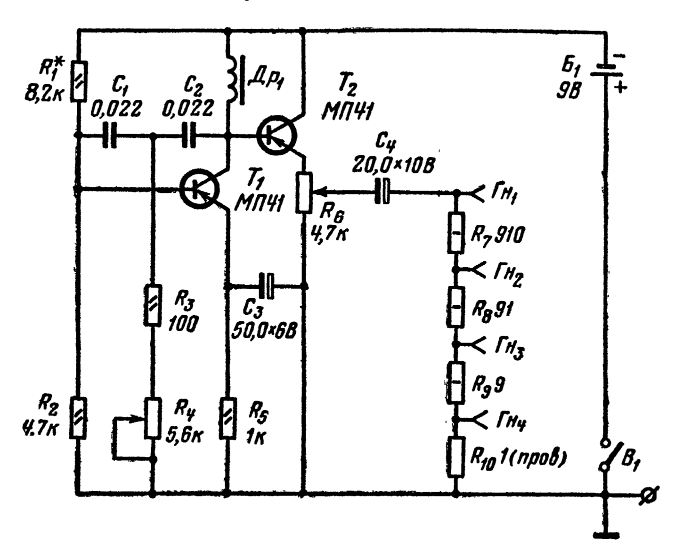


Рис. 27. Принципиальная схема звукового генератора.

частот, генерируемых прибором, следует увеличить или уменьшить емкости конденсаторов C_1 и C_2.

Градуируют прибор по звуковому генератору, определяя равенство частот с помощью осциллографа по фигурам. Лиссажу или в крайнем случае на слух по звучанию в головных телефонах.

В приборе применены резисторы типов УЛМ и МЛТ, переменные резисторы СП, конденсаторы КМ (электрические — К50-6). Транзисторы МП41 могут быть заменены на МП40, МП42 или ГТ108 с коэффициентом $B_{ст}=60\div80$ и обратным током коллектора $I_{к.о}$ не более 2—3 мкА.

В качестве дросселя $Др_1$ используется первичная обмотка согласующего трансформатора от карманного приемника. Его можно заменить другим дросселем, намотанным на кольце из феррита 1000НН диаметром 15—16 мм проводом в эмалевой изоляции диаметром 0,1 мм. Число витков 400—450.

Генератор ВЧ. Проверка и налаживание высокочастотных трактов приемников, волномеров и других радиотехнических устройств значительно облегчаются, если есть генератор ВЧ. Описываемый ни-

же простой транзисторный генератор генерирует электрические колебания в диапазоне частот 20—30 МГц. Для модуляции высокочастотного сигнала используется звуковой генератор, описанный выше. Питается прибор также от двух батарей 3336Л, соединенных последовательно. Потребляемый от источника питания ток составляет около 8,5 мА.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 28. Транзистор T_1 работает в задающем генераторе, транзисторы T_2 и T_3 — в двухкаскадном усилителе высокой частоты. Задающий генератор собран

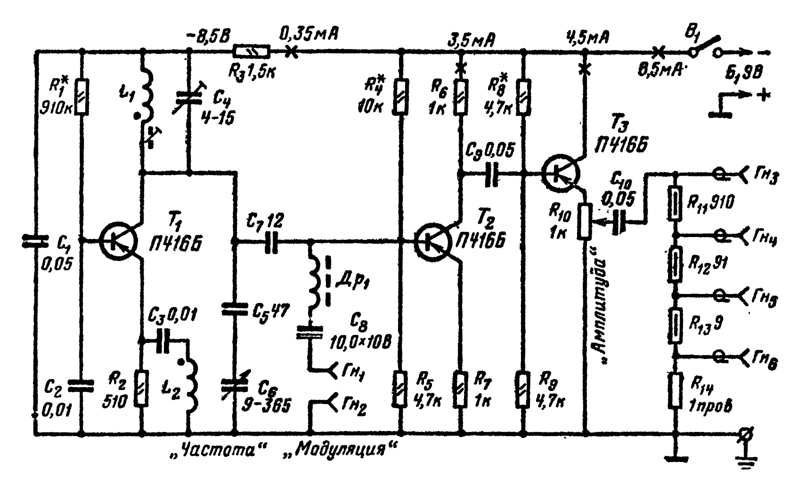


Рис. 28. Принципиальная схема генератора ВЧ.

по схеме с индуктивной обратной связью. Режим работы транзистора по постоянному току устанавливается резистором R_1 в базовой цепи. В цепь коллектора транзистора T_1 включена катушка L_1, образующая вместе с конденсаторами C_4—C_6 колебательный контур задающего генератора, а в цепь эмиттера (через конденсатор C_3) — катушка обратной связи L_2. Изменение частоты колебаний задающего генератора осуществляется конденсатором переменной емкости C_6. Конденсатор C_5 разделительный; он исключает замыкание коллекторной цепи транзистора в случае касания роторных и статорных пластин конденсатора C_6. Резистор R_3 и конденсатор C_1 образуют ячейку развязывающего фильтра задающего генератора по цепи питания. Напряжение смещения на базу транзистора T_2 подается с делителя R_4R_5. Резистор R_7 в эмиттерной цепи этого транзистора повышает стабильность работы каскада.

Высокочастотный немодулированный сигнал с коллектора транзистора T_1 через разделительный конденсатор C_7 поступает на базу транзистора T_2. Сюда же через электролитический конденсатор C_8 и высокочастотный дроссель $Др_1$ поступает и модулирующий сигнал от внешнего звукового генератора. Дроссель $Др_1$ препятствует короткому замыканию тока высокой частоты при включении источника низкочастотного сигнала.

Высокочастотный сигнал, усиленный транзистором T_2, выделяется на нагрузочном резисторе R_6 и через разделительный конденсатор C_9 подается на базу выходного транзистора T_3, включенного по схеме эмиттерного повторителя. Выходное напряжение регулируют переменным резистором R_{10}, являющимся нагрузкой транзистора этого каскада. Конденсатор C_{10} предотвращает замыкание цепи эмиттера транзистора T_3 по постоянному току через делитель выходного напряжения R_{11}—R_{14}. Делитель R_{11}—R_{14} (аттенюатор) позволяет подавать на вход налаживаемой конструкции 1/10, 1/100, или 1/1000 часть выходного напряжения генератора.

Прибор заключен в металлический корпус размерами 200×130×75 мм. На переднюю панель выведены выключатель питания, зажим заземления, гнезда модулирующего сигнала, регуляторы «Амплитуда» и «Частота», выходное гнездо $Гн_3$. Остальные гнезда укреплены на боковой стенке внизу прибора.

Монтаж деталей выполнен на опорных стойках, которыми служат отрезки медного луженого провода диаметром 1 и длиной 10 мм, запрессованные в отверстия в плате. Все детали расположены с одной стороны платы, а соединения между ними сделаны с другой стороны. Корпуса транзисторов утоплены в отверстия в плате. Конденсатор переменной емкости C_6 прикреплен к передней стенке корпуса с помощью кронштейна, изготовленного из листового алюминия. На оси конденсатора жестко закреплен диск верньерного устройства, выполненный из листового органического стекла. По окружности в диске проточена для пассика канавка шириной и глубиной 2 мм. Осью верньерного устройства служит ось переменного резистора типа СП.

В качестве конденсатора переменной емкости C_6 контура используется одна секция блока КПЕ транзисторного приемника «ВЭФ-12». Можно использовать любой другой блок КПЕ с воздушным диэлектриком.

Переменный резистор R_{10} — типа СП, резистор R_{13} составлен из трех резисторов сопротивлением по 27 Ом, соединенных параллельно, резистор R_{14} — проволочный. Выключатель питания B_1 — тумблер ТВ2-1.

Катушка задающего генератора намотана на унифицированном каркасе диаметром 8 мм с карбонильным подстроечным сердечником СЦР-1 диаметром 6 мм (каркас ФПЧ телевизора «Рубин»). Катушка L_1 содержит 10 витков провода в эмалевой изоляции диаметром 0,5 мм, намотанных в один слой, катушка обратной связи L_2 — 1 виток провода диаметром 0,15 мм, расположенного вблизи катушки L_1.

Дроссель $Др_1$ намотан на резисторе МЛТ-0,5 сопротивлением более 1 МОм и имеет 200 витков провода в эмалевой изоляции диаметром 0,1 мм, намотанных внавал. Его индуктивность 30—40 мкГ.

Для соединения генератора ВЧ с настраиваемой конструкцией используется отрезок коаксиального кабеля длиной 500—700 мм с штепсельной частью коаксиального разъема антенного ввода для телевизора на одном конце и зажимами «Крокодил» — на другом.

При налаживании прибора вначале устанавливают указанные на принципиальной схеме режимы работы транзисторов, начиная с транзистора T_3. Рекомендуемый ток коллектора транзистора T_3 устанавливают подбором резистора R_8, коллекторный ток транзистора T_2 — резистором R_4. Суммарный ток коллектора и базы транзистора T_1 задающего генератора контролируют по миллиамперметру,

включенному в разрыв минусового провода источника питания перед резистором R_3 и устанавливают подбором резистора R_1. Далее вольтметром измеряют напряжение на конденсаторе C_1. Если оно окажется больше 8,5 В, то несколько увеличивают сопротивление резистора R_3, после чего проверяют и, если надо, повторно регулируют ток транзистора T_1.

Затем проверяют, возбуждается ли задающий генератор. Лучше всего это сделать с помощью контрольного приемника, установленного около генератора. К гнезду $Гн_3$ генератора подключают отре-

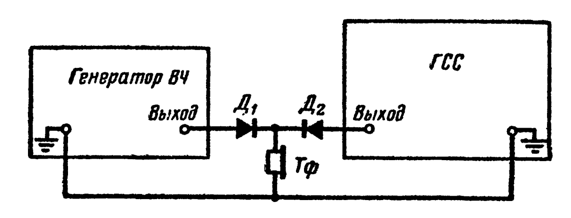


Рис. 29. Схема градуировки генератора ВЧ с помощью ГСС.

зок провода длиной 200—300 мм, регулятор «Амплитуда» устанавливают на максимум. Если задающий генератор возбуждается, то при вращении ручки «Частота» в телефоне приемника «суперный» шум должен прекратиться. В противном случае выводы катушки обратной связи L_2 надо поменять местами.

Наиболее простой способ градуировки шкалы генератора — по шкале любительского УКВ приемника или по сигналам генератора

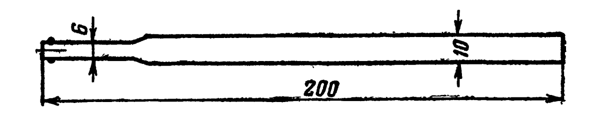


Рис. 30. Диэлектрическая отвертка для настройки контуров.

стандартных сигналов (ГСС). Градуировку по шкале приемника производят в следующем порядке. Соединяют между собой зажимы «Заземление» генератора и приемника. Приемник настраивают на частоту 20 МГц, его регулятор громкости устанавливают в среднее положение. Затем с гнезда $Гн_3$ выхода генератора через конденсатор емкостью 10—20 пФ подают на вход приемника (гнездо «Антенна») высокочастотный сигнал, модулированный колебаниями генератора низкой частоты. Вращением оси конденсатора C_6 добиваются появления звука в телефонах или громкоговорителях и делают на шкале генератора отметку. Она будет соответствовать частоте 20 МГц генератора. Далее приемник перестраивают на 21 МГц и т. д. и делают отметки на шкале генератора. В случае необходимости

устанавливают границы диапазона генератора: на низшей частоте сердечником катушки L_1, на высшей — конденсатором C_4. Градуировать генератор рекомендуется при возможно меньшем уровне сигнала, чтобы не настроиться ошибочно на сигналы гармоник.

Градуировку с помощью генератора стандартных сигналов производят по схеме, показанной на рис. 29. К выходным гнездам ГСС и градуируемого генератора, сигналы которых не модулированы, подключают точечные диоды, например Д9Е. К другим выводам диодов подключают высокоомные телефоны *Тф*. Зажимы «Заземление» обоих генераторов соединяют вместе. Установив нужную частоту ГСС (например, 20 МГц) перестраивают градуируемый генератор до появления в телефонах звука высокого тона (свиста). При дальнейшей настройке появляются нулевые биения и звук в телефонах пропадает. Это значит, что сигналы обоих генераторов имеют одинаковые частоты. На шкале градуируемого генератора ставят соответствующую отметку.

Отвертка из изоляционного материала для подстройки катушек контуров с сердечниками. Для изготовления отвертки (рис. 30) пригоден стержень подходящих размеров из любого поддающегося обработке изоляционного материала (лучше всего использовать текстолит как наименее хрупкий материал). В торце такого стержня делают пропил шлицовкой или лобзиком. В пропил вставляют на клее БФ-2 или на заклепке пластинку из латуни или бронзы, которую затачивают наподобие лезвия обычной отвертки.

МАКЕТИРОВАНИЕ, НАЛАЖИВАНИЕ И МОНТАЖ АППАРАТУРЫ

Прежде чем приступить к окончательной сборке любой конструкции, рекомендуется сделать пробную сборку деталей и предварительное налаживание на макете.

Макет может представлять собой развернутую на листе картона принципиальную схему устройства, в соответствии с которой производят установку опорных проволочных стоек в необходимых для спаивания деталей местах (рис. 31, *а*). Опоры крепят к листу картона, затем к опорам припаивают детали и делают все необходимые соединения в соответствии со схемой, как показано на рис. 31, *б*. На таком макете аппаратуру гораздо проще налаживать, так как ко всем деталям имеется свободный доступ и их легко заменять.

Перед сборкой макета проверяют годность всех деталей, их выводы тщательно залуживают. Монтируя макет, выводы деталей не укорачивают. По окончании монтажа макета проверяют правильность сборки по принципиальной схеме и надежность всех паек. Установив, что ошибок в монтаже нет, включают макет. Авометром измеряют напряжение питания при включенном макете. Если оно отличается от указанного на принципиальной схеме, заменяют источники питания. Затем проверяют и подгоняют режимы по постоянному току всех транзисторов, начиная с выходного каскада. Если рекомендуемый режим установить не удается, то проверяют транзистор, и если он неисправен, заменяют его.

При налаживании приемников далее проверяют транзисторы усилительных каскадов на уровень собственных шумов. Для этого подключают высокоомные головные телефоны типа ТОН-1 на выход усилителя низкой частоты. Если в телефонах слышно шипенье, иногда граничащее со свистом, то нужно произвести замену тран-

зисторов, начиная с первого каскада. В случае появления самовозбуждения, проявляющегося при прослушивании на головные телефоны в виде свиста различного тона или характерных щелчков, напоминающих «капанье» и следующих один за другим с различной частотой (от долей герца до десятков герц), могут оказаться полезными замена источников питания на более свежие, смена транзисто-

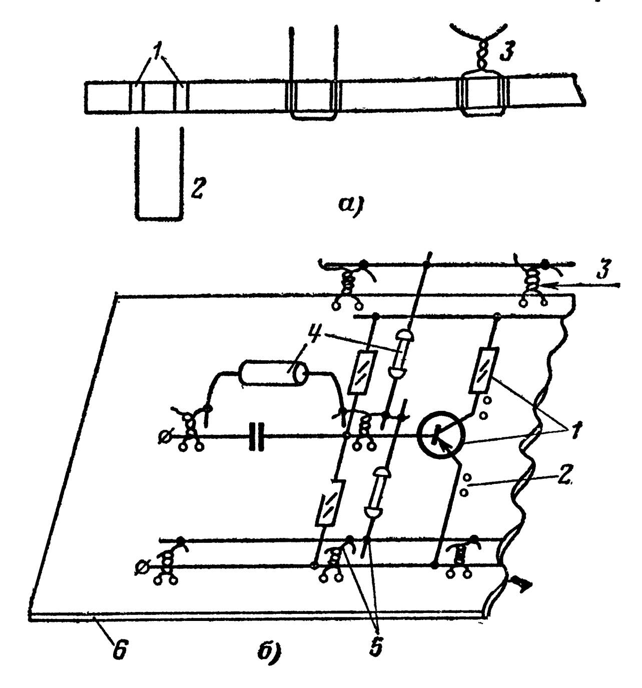


Рис. 31. Изготовление макета.

а — крепление проволочных опорных стоек к картону (*1* — отверстия в картоне; *2* — проволочная скоба; *3* — опорная стойка); *б* — сборка макета (*1* — принципиальная схема на картоне; *2* — отверстия для опор; *3* — опорная стойка; *4* — радиодетали; *5* — пайки; *6* — картонная панель макета).

ров или некоторое изменение их режима работы, введение ячеек развязки в цепи питания, изменение емкости блокировочных конденсаторов.

Усилитель низкой частоты лучше всего налаживать с помощью звукового генератора, лампового вольтметра переменного тока и осциллографа. Звуковой генератор подключают ко входу усилителя через конденсатор емкостью 1 мкФ, а ламповый вольтметр и осциллограф — к его выходу, отключив головные телефоны. От звукового генератора подают сигнал частотой 1 кГц и напряжением 1 мВ.

На макете усилителя заменяют постоянные резисторы, отмеченные звездочкой, на переменные несколько большего номинала. По-

следовательно с переменным резистором включают постоянный сопротивлением около 1/10 части от указанного на схеме. Постоянный резистор служит защитой от попадания всего напряжения источника питания на базу при регулировке переменным резистором и тем самым предотвращает повреждение транзистора. Вращением осей переменных резисторов добиваются наибольшего отклонения стрелки лампового вольтметра. Одновременно на экране осциллографа устанавливают равенство полупериодов усиленных колебаний (рис. 32) вращением оси переменного резистора R_{15} (для приемника на рис. 2, *а*).

Выходное напряжение нормально работающего усилителя составит 3,8—4,2 В (для приемника рис. 2, *а*) или 2,9—3,2 В (для приемника рис. 2, *б*).

После налаживания проверяют ограничение сигнала (для приемника рис. 2, *а*), увеличивая величину сигнала звукового генератора до 15—20 мВ; при этом показания лампового вольтметра не должны изменяться более чем на 0,1 В.

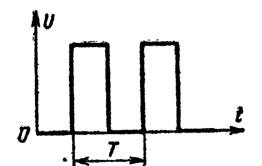


Рис. 32. Осциллограмма усиленных и ограниченных по амплитуде командных сигналов.

По окончании налаживания переменные резисторы вместе с защитными постоянными отпаивают, измеряют их сопротивления и заменяют постоянными.

Отключив от усилителя низкой частоты звуковой генератор, подключают вместо него макет сверхрегенеративного детектора. Резистор R_1 детектора заменяют переменным (с соответствующей защитой). Вращением его оси устанавливают на верхнем (по схеме) выводе катушки L_1 начальное напряжение около 3,5 В.

При дальнейшем налаживании сверхрегенеративного детектора используют генератор стандартных сигналов, который подключают ко входу антенны. От генератора подают сигнал частотой 27,12 МГц или в диапазоне частот 28—28,2 МГц напряжением около 10 мкВ, модулированный звуковой частотой 1000 Гц при глубине модуляции, близкой к 100%. Вращением сердечника катушки L_1 настраивают контур L_1C_5 на частоту генератора. Контролируют настройку контура по показаниям лампового вольтметра или осциллографа. Если показания вольтметра соответствуют приведенным выше при налаживании усилителя низкой частоты, то величину входного сигнала уменьшают до 5 мкВ и опять проверяют выходное напряжение. Значение входного напряжения, подаваемого от генератора стандартных сигналов (при заданном выходном напряжении), определяет чувствительность приемника. При хорошей работе сверхрегенеративного детектора входное напряжение, подаваемое от ГСС, должно составлять 3—5 мкВ. Если же выходное напряжение уменьшилось, то вращением оси переменного резистора R_1 с одновременной подстройкой катушки L_1 сердечником добиваются необходимых показаний лампового вольтметра.

Ограничитель налаживают вместе с усилителем низкой частоты (по схеме рис. 2, *б*). Для этого отключают сверхрегенеративный детектор и подключают звуковой генератор к базе транзистора T_2. К выходу усилителя низкой частоты подключают ограничитель, а к выходу ограничителя — ламповый вольтметр и осциллограф. От звукового генератора подают сигнал частотой 1 кГц напряжением 1 мВ.

Резистор R_{12} заменяют на переменный и вращением его оси добиваются на выходе ограничителя напряжения 3,8 В. Для проверки действия ограничителя изменяют напряжение на входе усилителя от 1 до 15—20 мВ. При этом показания лампового вольтметра не должны изменяться более чем на 0,1 В. При неравных полупериодах, просматриваемых на экране осциллографа, следует подобрать резистор R_{15}. Если напряжение на выходе ограничителя не достигает нужного значения, следует заменить транзистор ограничителя.

Контур L_2C_{14} дешифратора настраивают на частоту кодирующего устройства передатчика изменением числа витков катушки L_2 и подбором емкости конденсатора C_{14}. Для настройки контура нужны звуковой генератор и миллиамперметр или авометр с пределом

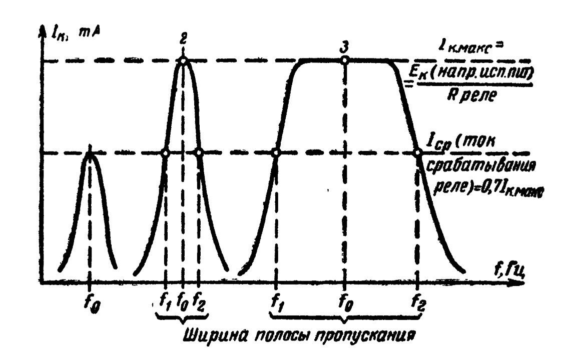


Рис. 33. Частотная характеристика фильтра дешифратора.

1 — при малом уровне сигнала; 2 — при нормальном уровне сигнала; 3 — при большом уровне сигнала.

измерения 50—60 мА. На вход дешифратора подают сигнал соответствующей частоты от звукового генератора напряжением 3 В, а миллиамперметр включают последовательно с реле P_1 в разрыв цепи. Момент резонанса определяют по наибольшему току в цепи коллекторов транзисторов дешифратора. Одновременно подбором сопротивления резистора R_{16} устанавливают ширину полосы пропускания фильтра дешифратора на резонансной частоте. Ширина полосы пропускания должна быть равна 200—300 Гц. Ее определяют, устанавливая крайние частоты, при которых срабатывает реле.

На рис. 33 показано влияние сопротивления резистора R_{16} на ширину полосы пропускания фильтра L_2C_{14} и ток насыщения транзисторов дешифратора. Кривая *1* частотной характеристики показывает, что при большом сопротивлении резистора R_{16} транзисторы дешифратора не входят в насыщение и изменения тока в их коллекторной цепи недостаточны для срабатывания реле. Кривая *3* снята при малом сопротивлении резистора R_{16} и показывает, что транзисторы дешифраторов находятся в насыщении в большом диапазоне частот. При этом реле может срабатывать не только от своего сигнала, но и от сигналов соседних командных частот. Кривая *2* снята

при оптимальном значении сопротивления резистора R_{16} — плоская часть кривой не превышает 15—20 Гц.

Сопротивление резистора R_{16} подбирают для каждого фильтра дешифратора отдельно. Налаживание многокомандного дешифратора не отличается от описанного выше.

При отсутствии измерительных приборов приемник можно наладить по сигналам передатчика, но на это потребуется значительно больше времени. Для облегчения этой работы можно применить некоторые вспомогательные самодельные приборы, описание которых приведено в предыдущем разделе. В этом случае налаживание начинают с усилителя низкой частоты с подключенным к нему детекторным приемником или самодельным звуковым генератором. Контроль ведут высокоомными головными телефонами. Вращением осей переменных резисторов добиваются наибольшей громкости звучания при возможно меньшем уровне сигнала на входе.

Подключив вместо детекторного приемника или звукового генератора сверхрегенеративный детектор, вращением оси переменного резистора R_1 добиваются характерного для сверхрегенератора «суперного» шума в головных телефонах. После этого, изменяя индуктивность катушки L_1 подстроечным сердечником, настраивают приемник на одну из любительских станций в диапазоне 28,2—29,7 МГц или на сигнал передатчика, с которым он будет работать. При настройке приемник удаляют от передатчика на расстояние не менее чем на 40—50 м. Затем, заметив положение осей переменных резисторов, осторожным вращением их проверяют и окончательно подгоняют режим работы усилителя и сверхрегенеративного детектора. При прослушивании и настройке на любительские станции или сигналы передатчика «суперный» шум должен исчезать, что является показателем хорошо налаженного сверхрегенеративного детектора. Если шум полностью не пропадает, следует проверить транзисторы на уровень собственных шумов. Для уменьшения уровня сигнала передатчика можно отключить его антенну, тогда расстояние до приемника может быть уменьшено.

Настроив сверхрегенеративный детектор, подключают к выходу усилителя низкой частоты вместо головных телефонов ограничитель. Телефоны же подключают к выходу ограничителя. Налаживают ограничитель подбором сопротивления резистора R_{12} по наибольшей громкости принимаемого сигнала. Затем вместо головных телефонов подключают дешифратор.

Дешифратор, имеющий больше двух каскадов, наладить без приборов очень трудно. Налаживать его следует по сигналам того передатчика, с которым приемник будет в дальнейшем работать. Удалив приемник от передатчика на расстояние, при котором сигнал передатчика слышен слабо, перемещением сердечника катушки L_1 настраивают контур L_1C_4. По мере настройки контура расстояние между приемником и передатчиком увеличивают, сохраняя уровень сигнала в головных телефонах примерно одинаковым. Затем переменным резистором R_7 (или R_{13}) шифратора передатчика подстраивают частоту командного сигнала под резонансную частоту контура L_2C_{14} приемника (контроль — по срабатыванию реле дешифратора). Уточняют настройку приемника на частоту передатчика и еще раз подбирают сигнал под резонансную частоту дешифратора.

Аналогично налаживают второй каскад дешифратора, следя за тем, чтобы резонансные частоты контуров L_2C_{14} были разнесены дальше одна от другой.

Если расстояние между приемником и передатчиком мало, то несколько увеличивают полосу пропускания контура дешифратора, уменьшая сопротивление подстроечного резистора.

Налаживание макетов передатчика производят в любом порядке, после чего их соединяют и проверяют работу всего передатчика.

Налаживание высокочастотного каскада передатчика (рис. 5) начинают с установления необходимого значения общего тока коллекторов транзисторов T_1 и T_2. Для этого в разрыв цепи питания включают миллиамперметр на ток до 100 мА. Если ток значительно отличается от указанного на схеме, его устанавливают подбором резистора R_1. Если окажется, что транзисторы сильно нагреваются, несколько уменьшают токи коллекторов или снова подбирают пару по значению обратного тока коллектора и коэффициента $B_{ст}$, которые должны быть одинаковыми. Для авто- и судомоделей общий ток коллекторов транзисторов может быть уменьшен до 30—40 мА ввиду меньшего расстояния между передатчиком и приемником.

Контуры $L_3C_2C_3$ и антенны настраивают с помощью самодельного волномера. Установив на волномере соответствующую частоту, его катушку связи размещают в непосредственной близости от катушки L_3 высокочастотного каскада и изменением емкости подстроечного конденсатора C_2 контура добиваются наибольшего отклонения стрелки индикатора волномера. Настроив на заданную частоту контур $L_3C_2C_3$, переходят к настройке на нее антенны вращением сердечника катушки L_1, а если надо, то и подбором емкости конденсатора C_1. Волномер при этом располагают около средней части антенны. Отклонение стрелки индикатора волномера должно быть наибольшим. Если при резонансе наблюдается резкое уменьшение тока через индикатор волномера (срыв высокочастотных колебаний), то следует повторить настройку антенны сердечником катушки L_1, предварительно возвратив его в первоначальное положение и отключив питание. При этом уровень высокочастотных колебаний в антенне надо несколько уменьшить либо изменить расстояния между катушкой связи L_2 и половинами катушки L_3, соблюдая симметрию их расположения. Можно также уменьшить число витков катушки L_2.

Для налаживания усилителя низкой частоты (см. рис. 7) звуковой генератор подключают через неполярный конденсатор емкостью 1 мкФ к его входу. От генератора подают сигнал частотой 1 кГц и напряжением 1 В. К выходу усилителя подключают ламповый вольтметр переменного тока. Резистор R_9 заменяют переменным с соответствующей защитой и вращением его оси добиваются наибольшего отклонения стрелки лампового вольтметра.

Для налаживания усилителя низкой частоты без приборов надо установить режим транзистора T_3 подбором сопротивления резистора R_9. Налаживают усилитель совместно с генератором командного сигнала и эмиттерным повторителем. К коллектору транзистора T_3 подключают через конденсатор емкостью 1 мкФ высокоомные головные телефоны. Нажав одну из пар кнопок управления мультивибратором, подбирают переменным резистором необходимое сопротивление по наибольшей громкости звука в телефонах. Если есть ламповый вольтметр, то его подключают к тем же точкам и регулируют по наибольшему отклонению стрелки прибора. Затем переменный резистор с защитой заменяют постоянным того же сопротивления.

Генератор командного сигнала с эмиттерным повторителем налаживают с помощью осциллографа, подключенного к плюсовому электроду электролитического конденсатора C_9, отключенного от усилителя низкой частоты. Изменением сопротивления резисторов R_{13} или R_{14} устанавливают равенство полупериодов генерируемого напряжения (при этом одна из пар кнопок управления должна быть замкнута). Амплитуду выходного напряжения можно регулировать, меняя сопротивление резистора.

Без приборов генератор командного сигнала настраивают по уровню громкости сигнала в высокоомных головных телефонах, подключенных к тем же точкам, что и осциллограф.

Частоту командных сигналов можно установить по частотомеру, подключенному к тем же точкам, что и осциллограф, с последующим уточнением по срабатыванию реле дешифратора приемника.

Налаживание передатчика, собранного по схеме рис. 5, не отличается от описанного выше.

Задающий генератор передатчика, собранного по схеме рис. 8, налаживают в следующем порядке. Вначале подбирают пары транзисторов. Далее измеряют общий ток коллекторов транзисторов генератора. Значение этого тока, указанное на схеме, устанавливают одновременным изменением сопротивлений резисторов R_1 и R_1'. После этого настраивают контуры, как было рекомендовано выше.

При налаживании высокочастотных генераторов необходимо следить, чтобы транзисторы этих каскадов не перегревались, в противном случае надо несколько уменьшить общий ток их коллекторов.

После налаживания каскадов на макете можно приступать к окончательному монтажу, аккуратно перенося все детали с макета на подготовленную монтажную плату.

При выполнении монтажных работ рекомендуется соблюдать приводимые ниже рекомендации.

Выводы резисторов и конденсаторов перед монтажом выпрямляют, лудят, изгибают по определенной форме (формуют) и, если нужно, укорачивают. Радиусы изгибов должны быть не менее удвоенного диаметра для проволочных выводов и не менее удвоенной толщины — для ленточных на расстоянии 10—12 мм от корпуса детали. При формовке необходимо придерживать выводы у корпуса детали пинцетом или круглогубцами (рис. 34).

Проволочные или ленточные выводы резисторов и конденсаторов паяют на расстоянии не менее 8—15 мм от корпуса детали с применением теплоотвода.

Радиодетали устанавливают одна относительно другой на расстоянии не менее 2 мм так, чтобы надписи на них были обращены в одну сторону и хорошо видны.

С концов заготовленного для монтажа провода снимают изоляцию на участке длиной 7—10 мм. При этом необходимо следить за тем, чтобы не повредить токонесущую жилу.

Расстояние от места крепления луженой жилы провода до места среза изоляции должно быть не более 1—1,5 мм.

Проводники, соединяющие детали между собой, должны быть возможно короче.

К одному контактному лепестку не следует подключать более трех проводов, включая выводы радиодеталей.

Концы проводов и выводов радиодеталей на контактных лепестках закрепляют загибкой, скруткой или обжатием (рис. 35).

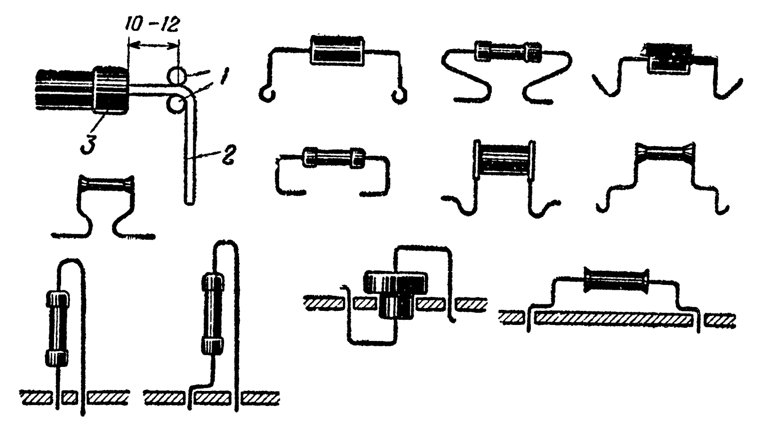


Рис. 34. Примеры формовки (изгиба) выводов радиодеталей.

1 — губки круглогубцев; *2* — вывод детали; *3* — корпус детали.

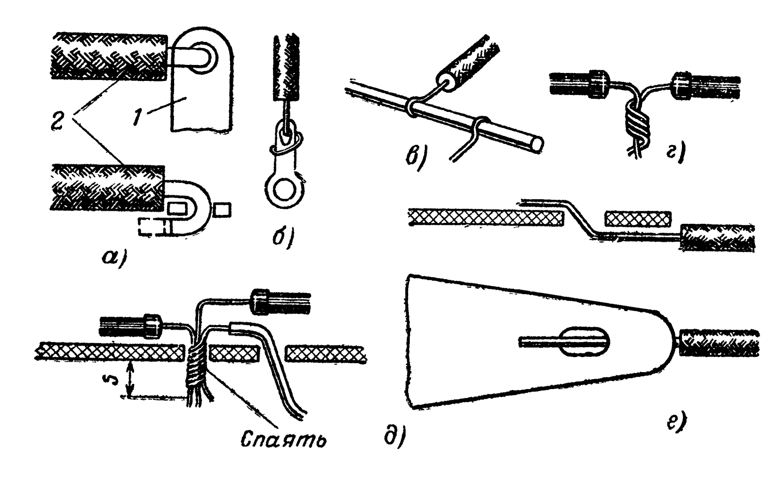


Рис. 35. Механическое крепление проводов и выводов радиодеталей.

а, б, е — крепление к контактным лепесткам (*1* — контактный лепесток; *2* — провод); *в* — крепление к шине; *г* — соединение с применением спирали; *д* — скрутка на бесконтактной плате.

Расстояние между соседними пайками не должно быть менее 5 мм.

По окончании монтажных работ весь монтаж должен быть очищен от брызг припоя, остатков флюса, отходов монтажных материалов, аккуратно выправлен и уложен.

При монтаже полупроводниковых приборов необходимо дополнительно учитывать следующее.

Электростатический заряд на теле человека, стоящего на непроводящей поверхности, при прикосновении к транзистору может дать электрический импульс, достаточный для повреждения транзистора. Поэтому перед началом монтажа аппаратуры на транзисторах полезно «заземлиться», т. е. разрядиться прикосновением к заземлению.

Время пайки должно быть минимальным, чтобы не нагреть внутренние соединения и детали транзистора или диода. С этой целью выводы паяют на расстоянии не менее 10 мм от корпуса, применяя теплоотвод.

Выводы полупроводниковых приборов формуют на расстоянии не менее 10 мм от корпуса с радиусом не менее 0,8 мм (рис. 36).

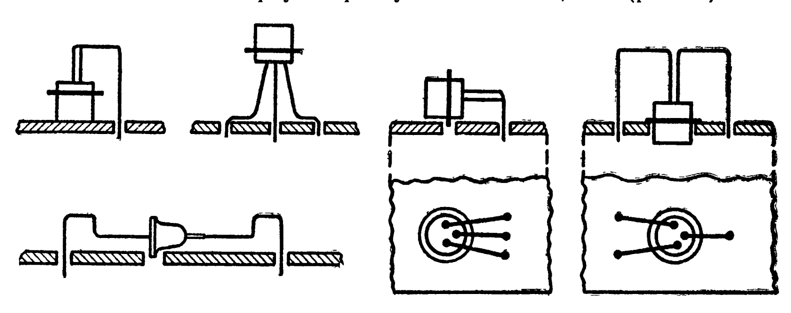


Рис. 36. Примеры формовки выводов полупроводниковых приборов.

При монтаже транзисторов вывод базового электрода подключают к схеме первым и отключают последним.

Транзисторы и диоды крепят к корпусу клеем.

Для обрезки выводов транзисторов и диодов не следует применять кусачки, так как механический удар может повредить внутренние соединения. Для этого следует пользоваться ножницами, а вывод поддерживать плоскогубцами.

Нельзя включать источник питания обратной полярностью во избежание пробоя транзисторов.

Заменяют транзисторы только при отключенном питании.

Хорошее охлаждение транзистора является основой для надежной и стабильной работы аппаратуры.

При изготовлении малогабаритных конструкций допустимы изгиб выводов радиодеталей на расстоянии 2—3 мм от корпуса (во избежание обламывания вывода или выкрашивания стеклянного изолятора транзистора), пайка выводов резисторов и конденсаторов — на том же расстоянии, а полупроводниковых приборов — на расстоянии 5 мм от корпуса. При пайке обязательно применяют теплоотвод.

Для начинающих радиолюбителей из существующих методов монтажа (плоского проволочного, объемного проволочного, плоского печатного, объемного или вертикального печатного и модульного) наиболее подходящим является плоский проволочный. При таком монтаже все детали располагают на плате из изоляционного материала (гетинакс, стеклотекстолит и др.) в одной плоскости. Соединения выполняют проводами, в том числе и выводами резисторов и конденсаторов. Этот монтаж отличается тем, что при нем ко всем дета-

лям имеется свободный доступ, в процессе работы устройства он позволяет вносить некоторые изменения с целью улучшения качественных показателей или в порядке эксперимента.

Печатный монтаж для малоопытного радиолюбителя малопригоден, так как не позволяет изменить что-либо в схеме, а разработка рисунка печатной платы требует большой затраты времени. Кроме того, раствор для изготовления печатных плат очень ядовит, а при протравливании выделяется вредный для здоровья газ. Поэтому платы для печатного монтажа следует обрабатывать в вытяжном шкафу с соблюдением всех мер предосторожности.

Печатный монтаж может оправдать себя только в случае изготовления очень малогабаритной и надежной конструкции.

Для изготовления малогабаритных конструкций можно рекомендовать вертикальный монтаж, при котором деталь устанавливают перпендикулярно монтажной плате (см. рис. 34). Если верхний вывод короткий, то в отверстие платы вставляют длинный штырь, к которому и припаивают верхний вывод. При плотном вертикальном монтаже возможно замыкание между соседними деталями, поэтому на них надо надевать изоляционные трубочки.

В случае необходимости изготовления печатной платы можно рекомендовать способ вырезания фольги ножом или резаком.

В зависимости от габаритов деталей и места для приемника в модели размеры и форма платы могут быть разными. Разрабатывать схему расположения деталей на плате рекомендуется на миллиметровке. При этом можно применять разные способы. Способ аппликации состоит в том, что на листе плотной бумаги вычерчивают контуры радиодеталей в натуральную величину. Затем эти контуры вырезают. На каждом силуэте детали наносят номер по принципиальной схеме, полярность и расположение выводов. На листе миллиметровки вычерчивают прямой угол — два края будущей монтажной панели. От этих двух краев отступают 3—5 мм и начинают размещать силуэты деталей в соответствии с принципиальной схемой. Передвижкой силуэтов деталей добиваются равномерной плотности монтажа, наиболее коротких соединительных проводников и желаемых размеров платы. Способ конструирования с применением деталей состоит в том, что из куска пенопласта изготовляют панель размерами 240×360×40 мм. На нее прикрепляют лист миллиметровки с заранее начерченным прямым углом — краями будущей панели. У подобранных деталей формуют выводы так, как нужно для желаемого монтажа. Толстой иглой или шилом накалывают отверстия в бумаге и пенопластовой панели, в которые вставляют выводы деталей. В результате получают макет монтажной панели с установленными деталями в натуральную величину. После этого отмечают монтажные точки и расстановку деталей.

Разработку схемы расположения удобно начинать со входа по принципиальной схеме и вести к ее выходу. При этом нельзя размещать рядом детали и проводники входных и выходных цепей как отдельных каскадов, так и усилителей в целом.

После составления схемы расположения деталей необходимо проверить возможность замены деталей, доступ ко всем пайкам, возможность возникновения паразитных связей и т. д. По схеме расположения разрабатывают схему соединений, на которой размечают провода, жгуты или кабели, которыми осуществляют соединения. Эти две схемы можно объединить в одну, если линии, обозначающие проводники, не мешают чтению схемы.

По схемам расположения и соединений устанавливают размеры монтажных плат или конструкций, на которых размещаются составные части устройства.

Изготовление аппаратуры начинают с изготовления разработанной (или рекомендованной в описании) монтажной платы. В плате сверлят отверстия под монтажные лепестки, пустотелые заклепки (пистоны), штырьки или для монтажа непосредственно на выводах деталей.

Приемник, собранный например по рис. 2, *а*, может быть смонтирован на гетинаксовой плате толщиной 1—1,5 мм и размерами

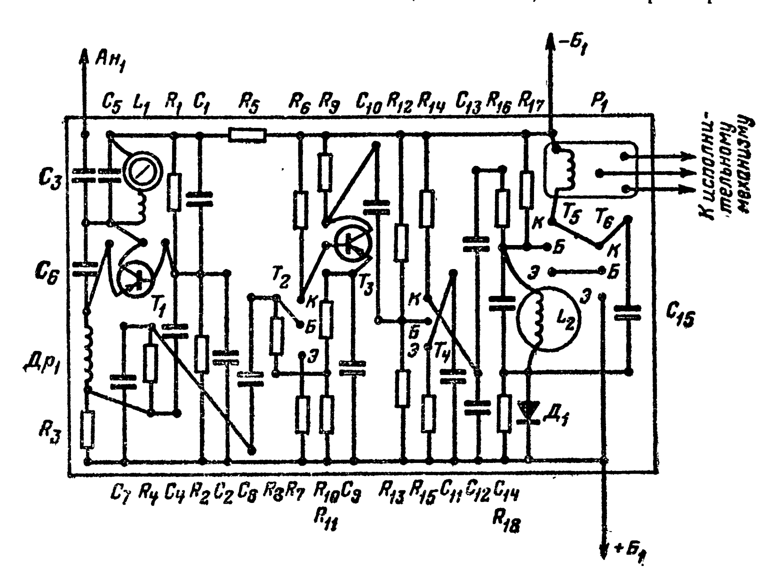


Рис. 37. Схема расположения и соединений деталей приемника.

70×115 мм. Детали размещены с одной стороны платы, а соединения между ними сделаны с другой (рис. 37). Монтаж — плоский проволочный с применением в качестве опор пустотелых заклепок (пистонов).

По окончании монтажных работ и окончательной регулировки устанавливают приемник в модель на приготовленное для него место. В авиамоделях рекомендуется приемник перед установкой обернуть поролоном, который будет служить амортизатором.

Передатчик можно собрать на гетинаксовой плате размерами 70×160 мм и толщиной 1,5 мм. Его детали размещены с одной стороны платы, а соединения между ними сделаны с другой (рис. 38). Монтаж — плоский проволочный. Катушки задающего генератора L_2 и L_3 расположены так, чтобы их витки были перпендикулярны виткам катушки L_1 и дросселю $Др_1$. В свою очередь витки дросселя должны быть перпендикулярны виткам катушки L_1. Дроссель припаян непосредственно к отводу катушки L_3. Задающий генератор

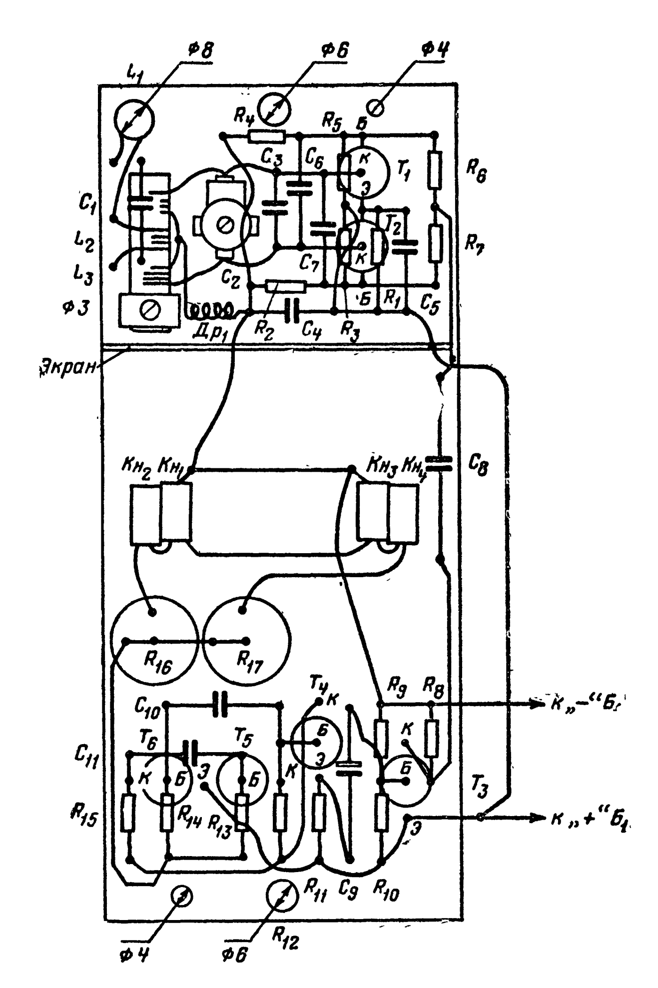


Рис. 38. Схема расположения и соединений деталей передатчика.

отделен от усилителя и генератора командных сигналов экраном из белой жести, который имеет контакт с общим проводом. В качестве антенны передатчика можно использовать телескопическую от приемника «Спидола» или медную (латунную) трубку диаметром 4 мм и длиной 900—1000 мм.

Для футляра передатчика используют подходящую по размерам пластмассовую коробку. В футляре размещают батареи питания, монтажную плату и кнопки управления, в качестве которых могут быть использованы контактные пружины любого реле. Выключатель питания размещают на боковой стенке футляра.

При окончательной регулировке передатчика желательно просмотреть на высокочастотном осциллографе на экране осциллограмму модуляции несущей частоты передатчика, глубина которой должна быть близкой к 100%. При недостаточной глубине модуляции можно заменить транзисторы T_3 и T_4 на другие с более высоким коэффициентом $B_{ст}$ и тщательно отрегулировать режим их работы или уменьшить сопротивление резисторов R_6 и R_7.

РУЛЕВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Механизмы привода рулей, или, как их часто называют моделисты, рулевые машинки, предназначены для приведения в действие рулей управления модели. Обычно моделисты используют электрические рулевые машинки, в которых силовым агрегатом служит миниатюрный электродвигатель постоянного тока. Рулевые машинки могут быть двух типов: после прекращения подачи команды силовой рычаг

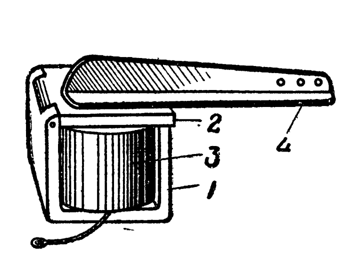


Рис. 39. Силовое реле.

1 — ярмо; *2* — якорь; *3* — катушка электромагнита; *4* — качалка.

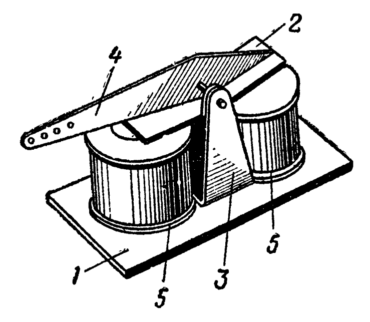


Рис. 40. Двухкомандное силовое реле «Коромысло».

1 — монтажная панель из фанеры; *2* — «коромысло»; *3* — кронштейн; *4* — качалка; *5* — катушки электромагнитов.

(качалка) возвращается в исходное положение автоматически или остается в том положении, при котором прекратилась подача команды. Рулевые машинки с автоматическим возвратом в нейтраль отличаются наличием механизма возврата, который может быть механическим или электрическим. Механизм возврата увеличивает габариты машинки и усложняет ее устройство. Такие рулевые машинки часто употребляют для управления рулями авиамоделей. Для управления механизмом поворота автомодели удобнее применять рулевые машинки без возврата в нейтраль.

Существуют и другие механизмы привода рулей. Наиболее простым из них является силовое реле для выполнения одной команды (рис. 39). Для его основания — ярма используют реле типа РМУ, к якорю которого припаивают качалку. Ярмо силового реле может быть и самодельным. Катушку реле наматывают проводом 0,2—0,25 до заполнения. Сопротивление ее обмотки постоянному току должно составлять примерно 25 Ом. Качалка представляет собой уголок длиной 60 мм, изготовленный из отожженной малоуглеродистой ста-

ли. На конце качалки сверлят 4—5 отверстий для крепления тяги руля. В исходное положение руль возвращается пружиной, прикрепленной к рулю и корпусу модели.

При необходимости выполнения моделью двух команд применяют силовые реле, называемое «коромыслом» (рис. 40). «Коромысло» состоит из двух силовых реле с общей качалкой. В нейтраль качалка устанавливается двумя пружинами, прикрепленными с двух сторон руля и к корпусу модели.

Для изготовления ярма и якоря силового реле берут сталь толщиной 2,5 мм, для качалки 0,3 мм (жесть). Зазор между якорем и сердечником должен быть около 1 мм. Для двойного силового реле зозор между якорем и сердечником должен быть 2 мм у одного реле и отсутствовать — у другого. Питание таких силовых реле осуществляется от одной или двух отдельных батарей 3336Л.

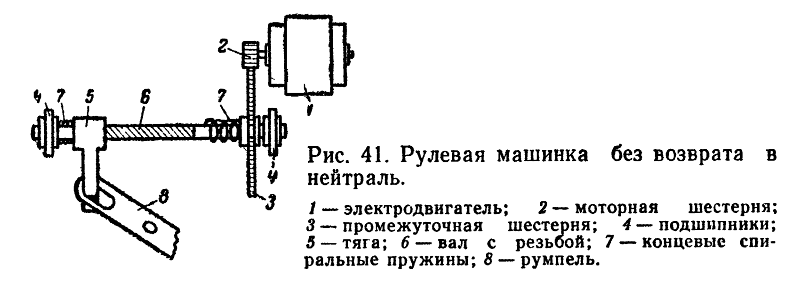


Рис. 41. Рулевая машинка без возврата в нейтраль.

1 — электродвигатель; *2* — моторная шестерня; *3* — промежуточная шестерня; *4* — подшипники; *5* — тяга; *6* — вал с резьбой; *7* — концевые спиральные пружины; *8* — румпель.

Электрическая рулевая машинка без возврата в нейтраль (рис. 41) применяется для управления положением передних колес автомодели. Это обеспечивает поворот модели по кругу разного радиуса. Рулевая машинка состоит из подставки, на которой смонтированы электродвигатель *1*, например, типа ДП, две шестерни, одна из которых *2* насажена на ось электродвигателя, а другая *3* — на вал *6* с винтовой нарезкой (М4 или М5). По валу перемещается тяга *5*, которая одним концом входит в отверстие рычага *8* поворота передних колес. Движение тяги ограничивается длиной резьбы вала. На концах вала свободно надеты две спиральные пружины *7*, которые возвращают тягу на резьбу вала при обратном движении якоря электродвигателя. Такую рулевую машинку легко сделать для любой автомодели или электрифицированной игрушки. Примерное передаточное число шестеренок должно быть 1 : 5. Шестеренки можно использовать от различных механических игрушек.

Рулевая машинка для приемника пропорционального управления моделью (рис. 42) состоит из подставки, на которой смонтированы электродвигатель *1*, редуктор *2* и переменный резистор *3* (R_{23} на рис. 4) типа СП. Электродвигатель может быть любого типа из числа применяемых в игрушках, например ДП. Редуктор может быть готовым или самодельным с передаточным числом около 1 : 100. Ось электродвигателя соединена с входной осью редуктора гибким валом *6*, в качестве которого служит отрезок полихлорвиниловой изоляционной трубки. Длина отрезка трубки около 20 мм, а расстояние между осями двигателя и редуктора — около 1 мм. При отсутствии полихлорвиниловой трубки соединение осей может быть жестким

(с помощью металлической переходной втулки). При этом необходимо соблюдать соосность, не допуская перекосов осей.

На выходной оси редуктора и оси переменного резистора укреплены качалки *5*, соединенные между собой тягой *4*.

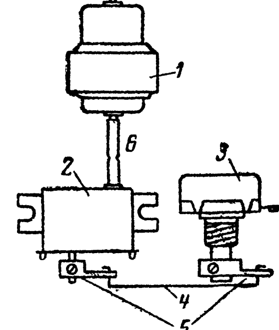


Рис. 42. Рулевая машинка пропорционального управления.

1 — электродвигатель; *2* — редуктор; *3* — переменный резистор обратной связи; *4* — тяга; *5* — качалки; *6* — соединение осей электродвигателя и редуктора с помощью полихлорвиниловой трубки.

Налаживают рулевую машинку в следующем порядке. Установив ось резистора R_{24} (рис. 13) передатчика в среднее положение, включают передатчик. У рулевой машинки снимают тягу. Включив приемник, вращением оси переменного резистора R_{23} устанавливают качалку редуктора в нейтраль. После этого выключают питание приемника и закрепляют качалки редуктора и переменного резистора в нужном для работы положении, соединив их тягой. Включив приемник, проверяют действие рулевой машинки, отклоняя ручку управления в ту или другую сторону.

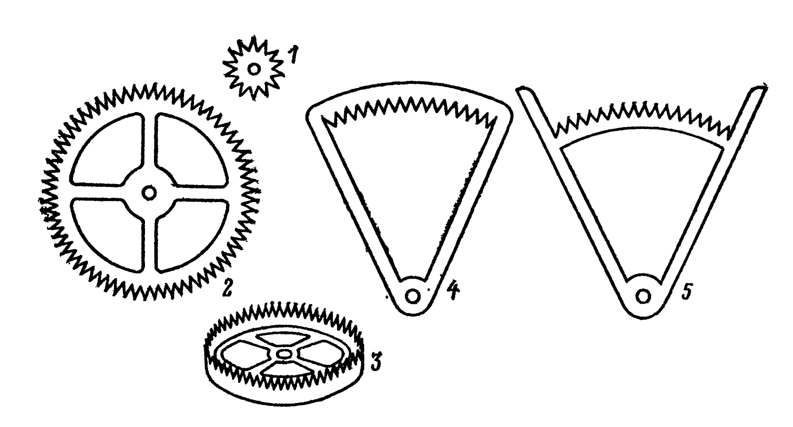


Рис. 43. Виды шестерен.

1 — малая (моторная); *2* — большая цилиндрическая (промежуточная); *3* — корончатая; *4* — сектор с внутренними зубьями; *5* — сектор с внешними зубьями.

Конструкции редукторов могут быть любыми в зависимости от размеров имеющихся шестерен. На рис. 43 представлены разные шестерни, а на рис. 44 — конструкции редуктора. Корпус самодельного редуктора может быть изготовлен из листовой латуни толщиной 1—1,5 мм или из органического стекла толщиной 2—4 мм с вплавленными в нужных местах латунными втулками. Можно применять

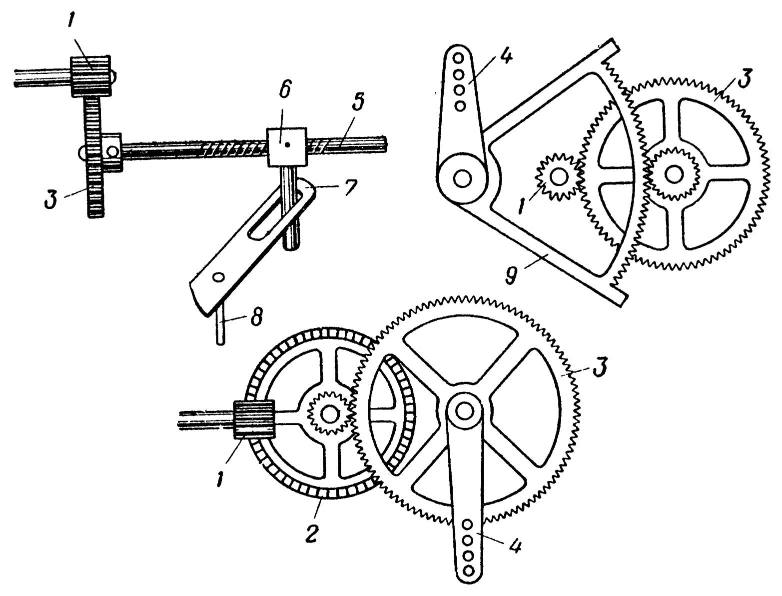


Рис. 44. Редукторы.

1 — моторная шестерня; *2* — корончатая шестерня; *3* — большая цилиндрическая (промежуточная шестерня); *4* — рычаг привода руля; *5* — вал с резьбой; *6* — тяга; *7* — румпель; *8* — ось румпеля; *9* — сектор.

редукторы промышленного производства от различных игрушек. При проверке работы редуктора рекомендуется следить, чтобы шестерни вращались свободно в обе стороны, для чего их провертывают за входную и выходную оси. Перед установкой редуктор необходимо смазать машинным маслом.

НЕКОТОРЫЕ СХЕМЫ АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ

Почти каждый радиолюбитель копирует изготавливаемую им аппаратуру только в начале своей деятельности, а затем начинает вносить в конструкции какие-либо свои новые элементы, иногда составляя принципиальную схему устройства из отдельных узлов или блоков, взятых от разной аппаратуры. Более опытные радиолюбители сами конструируют аппаратуру. Такая работа требует от конструктора осведомленности о схемах аппаратуры, применяемой для дан-

ных целей. Именно поэтому в заключение приводятся различные схемы аппаратуры для радиоуправляемых моделей.

На рис. 45 показана принципиальная схема двухкомандного передатчика «Пилот». В зависимости от примененного кварцевого резонатора передатчик работает в диапазоне частот 28—28,2 МГц или на частоте 27,12 МГц. Частоты командного сигнала 2300 и 3200 Гц. На-

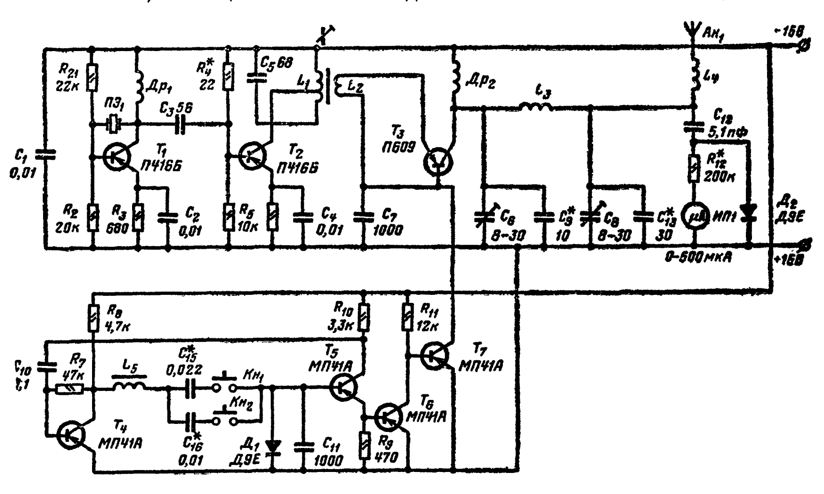


Рис. 45. Принципиальная схема передатчика «Пилот».

пряжение питания 12,5—15 В. Действующее расстояние, при котором надежно срабатывает реле приемника, составляет для наземных моделей 500, для авиамоделей 1200 м.

Задающий генератор передатчика собран на транзисторе T_1. Синусоидальные колебания высокой частоты выделяются на дросселе $Др_1$, включенном в цепь коллектора транзистора T_1, и через разделительный конденсатор C_3 поступают на базу транзистора T_2 усилителя высокой частоты. В цепь коллектора этого транзистора включен контур L_1C_5, настроенный на третью гармонику кварцевого резонатора. Напряжение высокой частоты через катушку связи L_2 подается на эмиттер транзистора T_3 усилителя мощности. В коллекторную цепь транзистора T_3 включен П-образный контур, подавляющий высшие гармоники основной частоты. Выходное напряжение высокой частоты с контура $L_3C_6C_8C_9C_{13}$ подводится к основанию антенны. В передатчике применена антенна типа «короткий штырь с удлиняющей катушкой».

Генератор командного сигнала собран по схеме несимметричного мультивибратора со стабилизирующим последовательным контуром L_5C_{15} (или C_{16}) на транзисторах T_4 и T_5. Емкости конденсаторов C_{15} или C_{16} определяют генерируемую частоту командного сигнала. С резистора R_9 сигнал прямоугольной формы подается на базу транзистора T_6. С резистора R_{11} коллекторной нагрузки транзистора T_6 снимаются командные сигналы, которые управляют транзистором T_7,

работающим в ключевом режиме. При отсутствии команды транзисторы T_5 и T_6 закрыты, а транзистор T_7 открыт (так как на его базу через резистор R_{11} подается отрицательный потенциал), вследствие чего база транзистора T_3 оказывается соединенной с общим проводом.

При налаживании передатчика сопротивление резистора R_{12} уменьшают до 10 кОм. Включив питание, настраивают сердечником катушки L_1 и конденсатором C_6 контуры в резонанс (по отклонению стрелки микроамперметра). После этого конденсатором C_8 добиваются наибольших показаний индикатора поля, отнесенного на расстояние около 1 м от передатчика. Затем подбирают резистор R_{12} по наибольшему отклонению стрелки прибора. Сопротивление резистора R_{12} определяет чувствительность индикатора и, следовательно, точность настройки контуров усилителя мощности на частоту задающего генератора.

При настройке одна рука оператора должна находиться на корпусе передатчика. Изменение взаимного расположения индикатора поля, передатчика и оператора ведет к изменению показаний индикатора поля и, соответственно, к неправильной настройке.

Сигнал командной частоты устанавливают подбором конденсатора C_{15} (или C_{16}) по частотомеру, подключенному к базе транзистора T_7. При включенной кнопке $Кн_1$ частота должна быть равна 2300 Гц, при нажатой кнопке $Кн_2$ 3200 Гц.

Катушки передатчика имеют L_1 — 5+5 витков провода ПЭЛ 0,69 мм; L_2 — 5 витков провода ПЭЛШО 0,51 мм на каркасе диаметром 7,8 мм; L_3 — 16 витков провода ПЭЛ 1,0 мм, намотка бескаркасная с внутренним диаметром 12 мм; L_4 — 35 витков провода ПЭЛ 0,53 мм на каркасе из фторопласта диаметром 12 мм; L_5 — 850 витков провода ПЭЛ 0,05 мм в ферритовом броневом сердечнике диаметром 12 мм.

Длина антенны 1085 мм, выходная мощность 300 мВт, потребляемый ток не более 120 мА.

На рис. 46 представлена принципиальная схема передатчика для радиоуправления авиамоделями. Задающий генератор передатчика собран по схеме с электронной связью на транзисторе T_1 и работает на частоте 14 МГц. В цепь коллектора включен контур, настроенный на частоту 28 МГц, т. е. на вторую гармонику задающего генератора, что повышает стабильность частоты передатчика. Сигнал частотой 28 МГц через катушку связи L_3 поступает на базу транзистора T_2 усилителя мощности, в цепь коллектора которого включен контур L_4C_8. Катушка L_5 служит для связи контура L_4C_8 с антенной.

Все катушки (кроме L_A) намотаны проводом ПЭЛ на каркасах из полистирола диаметром 8 и длиной 25 мм. Катушка L_1 имеет 20 витков провода диаметром 0,8 мм. Катушки L_2 14 витков и L_3 5 витков провода диаметром 0,4 мм. Катушку L_3 наматывают поверх катушки L_2. Катушка L_4 бескаркасная, имеет 12 витков провода диаметром 1,5 мм, диаметр витка 18 мм, шаг намотки 3 мм. Отвод от 4,5-го витка, считая от нижнего (по схеме) конца, выполнен гибким проводом. Катушка связи L_5 имеет 3 витка провода диаметром 1,2 мм и индуктивно связана с катушкой L_4. Катушка L_A намотана проводом диаметром 0,8 мм и содержит 30 витков, уложенных виток к витку.

Каркас катушки L_A вытачивают из гетинакса или другого изоляционного материала длиной 60 мм. На концах каркаса оставляют

бортики диаметром 16 мм, а середину протачивают до диаметра 12 мм на длину 50 мм. Для верхнего штыря антенны в каркасе сверлят отверстие диаметром 3 мм на глубину 15 мм, а для нижнего — диаметром 4 мм на ту же глубину (под штыри антенны, изготовленные из медных трубок диаметром 3 и 4 мм). Дроссель $Др_1$ намотан на резисторе ВС-0,5 сопротивлением 470 кОм и содержит 70 витков провода диаметром 0,2 мм.

Генератор командного сигнала собран на транзисторах T_4 и T_5 и представляет собой симметричный мультивибратор. Подача команд осуществляется нажатием одной из кнопок $Кн_1$ или $Кн_2$. Необходи-

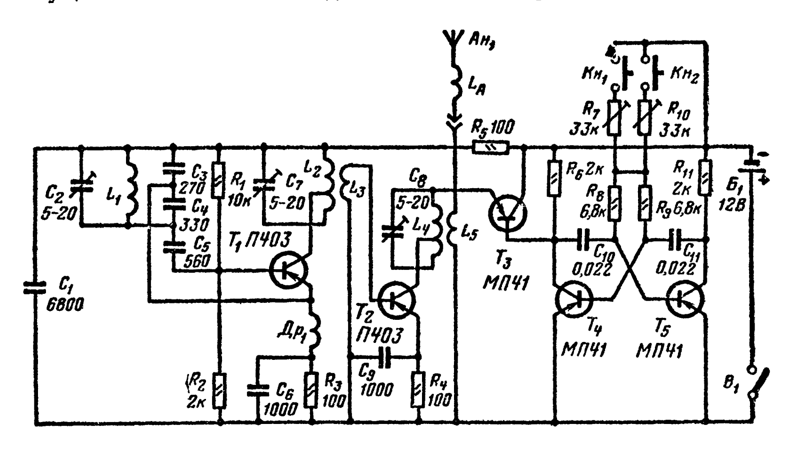


Рис. 46. Принципиальная схема передатчика для радиоуправления авиамоделями.

мую частоту командного сигнала получают изменением сопротивления резисторов R_7 и R_{10}.

Для лучшего охлаждения на транзистор T_2 надевают радиатор, выточенный из алюминия.

Как правило, в дешифраторах приемников применяют LC-контур, настроенный на резонансную частоту командного сигнала. Изготовление катушек индуктивности для такого дешифратора является трудоемким делом. Поэтому радиолюбителям-конструкторам будет несомненно интересно познакомиться со схемой дешифратора, примененной в приемнике комплекта аппаратуры «Старт» (рис. 47). В дешифраторе для разделения каналов применен RC-фильтр, состоящий из конденсаторов C_1—C_3 и резисторов R_2—R_5. Вместе с транзисторами T_1 и T_2 фильтр реагирует только на строго определенную частоту командного сигнала. Выделенный командный сигнал выпрямляется диодом $Д_1$ и открывает транзисторы T_3 и T_4, в результате чего срабатывает реле P_1, включенное в цепь коллектора транзистора T_4. В табл. 3 приведены данные деталей фильтра приемника «Старт» для получения четырех каналов управления исполнительными механизмами. Потребляемый дешифратором ток при приеме команд около 70 мА.

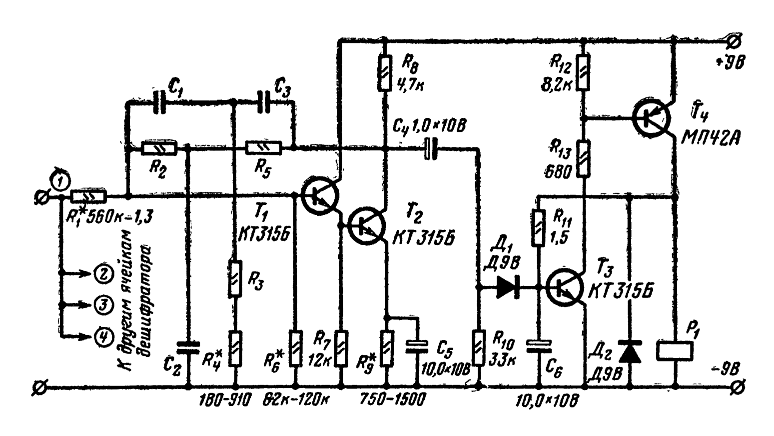


Рис. 47. Принципиальная схема дешифратора приемника «Старт».

Таблица 3

Рабочая частота, Гц . .	2300	2050	3850	4750
Емкость конденсаторов C_1, C_2, C_3, пФ	2700	2700	1300	1300
Сопротивление резистора R_3, кОм	68	51	10	6,8
Сопротивление резисторов R_2, R_5, кОм	39	30	43	36

Передатчик «Беллафон-10» работает на частоте 27,12 МГц, его выходная мощность 80 мВт, потребляемый от источников питания ток составляет 45 мА при напряжении 12 В, антенна — телескопическая длиной 1100 мм, с центральной катушкой. Принципиальная схема задающего генератора, усилителя мощности и модулятора передатчика приведена на рис. 48. Генератор высокой частоты собран на транзисторе T_1 по схеме с общей базой. В его коллекторную цепь включен контур L_1C_3. Стабилизация частоты осуществляется кварцевым резонатором $Пэ_1$.

Усилитель мощности собран на транзисторах T_2 и T_3, включенных по схеме с общей базой. Усиленный ток высокой частоты через П-фильтр и конденсатор C_6 поступает в антенну. П-фильтр состоит из конденсатора C_5, катушки индуктивности L_3 и конденсатора C_7. Такой фильтр эффективно уменьшает излучение высших гармоник сигнала и позволяет легко согласовать выход передатчика с антен-

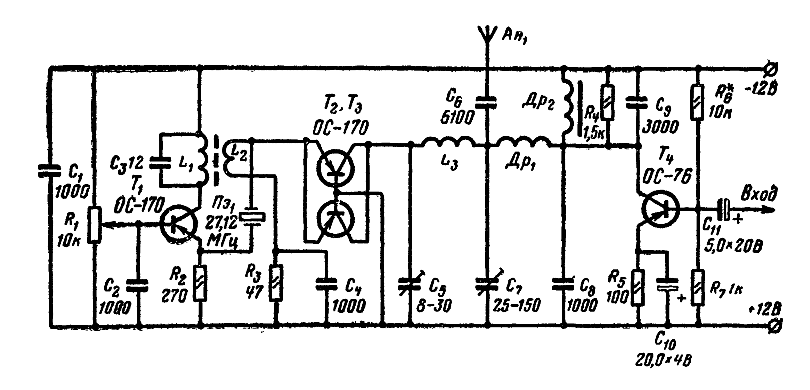


Рис. 48. Принципиальная схема высокочастотной части и модулятора передатчика «Беллафон-10».

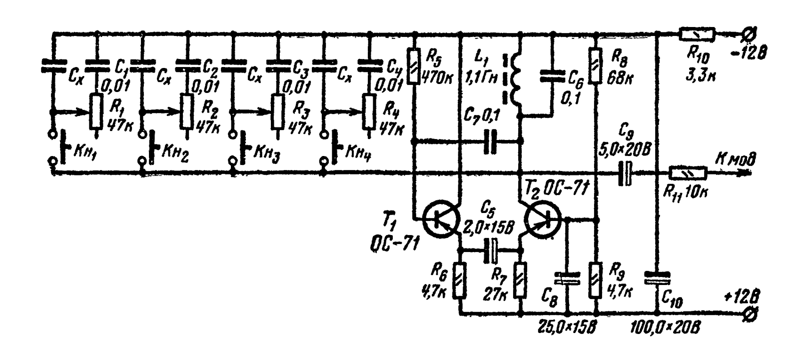


Рис. 49. Принципиальная схема генератора командного сигнала передатчика «Чемпион».

ной. Эта схема нашла широкое применение в передатчиках для радиоуправляемых моделей.

Модулятор собран на транзисторе T_4 по схеме с общим эмиттером. Командный сигнал поступает на базу транзистора T_4 через конденсатор C_{11}. Усиленный транзистором T_4 командный сигнал выделяется на коллекторной нагрузке и через дроссель $Др_1$ и катушку L_3 поступает на коллекторы транзисторов T_2 и T_3 усилителя мощности, модулируя несущую частоту передатчика.

Катушка L_1 контура задающего генератора намотана на полистироловом каркасе диаметром 6,3 мм и имеет 22 витка провода ПЭЛ 0,5 мм. Катушка L_2 намотана поверх катушки L_1 и состоит из 3 витков того же провода. Намотка однослойная, виток к витку. Катушка L_3 намотана на полистироловом каркасе диаметром 9 мм и имеет 9 витков провода ПЭЛ 0,7 мм. Дроссель $Др_1$ содержит 60 вит-

ков провода ПЭЛШО диаметром 0,15 мм, намотанных на каркасе из изоляционного материала диаметром 5 мм. Дроссель $Др_2$ выполнен на сердечнике Ш-14, толщина набора 14 мм, намотан до заполнения проводом ПЭЛ диаметром 0,1 мм. Сопротивление его обмотки постоянному току — около 100 Ом.

На рис. 49 представлена принципиальная схема генератора командного сигнала передатчика «Чемпион». Генератор собран на транзисторах T_1 и T_2 и вырабатывает командный сигнал синусоидальной формы. Частота сигнала может изменяться грубо подбором конденсаторов C_x и точно — подстройкой переменными резисторами R_1 — R_4.

Катушка L_1 генератора имеет индуктивность 1,1 Г. При необходимости получения более высоких частот можно несколько уменьшить ее индуктивность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белевцев А. Т.** Монтаж и регулировка радиоаппаратуры. Изд. 2-е. М., «Высшая школа», 1971. 303 с.

2. **Борисов В. Г.** Юный радиолюбитель. Изд. 5-е. М., «Энергия», 1972. 472 с.

3. **Буклер В. О., Владимиров Л. П., Гиршман Г. Х.** Монтаж радиоаппаратуры. М., «Энергия», 1973. 264 с.

4 **Вдовикин А. И.** Индукционное телеуправление с частотной манипуляцией. —«Радио», 1970, № 7, с. 49.

5. **Галин В., Плотников В.** Знакомьтесь — «Яник». — «Моделист-конструктор», 1970, № 7, с. 22.

6. **Галин В., Плотников В.** По сложному маршруту. — «Моделист-конструктор», 1972, № 2, с. 28.

7. **Справочник** по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Изд. 3-е. М., «Энергия», 1972. 568 с. Авт.: Н. Н. Горюнов, А. Ю. Клейман, Н. Н. Комков и др.

8. **Справочник** радиолюбителя-конструктора. М., «Энергия», 1973, 408 с. Авт.: Е. Б. Гумеля, Г. Н. Джунковский, Ю. А. Индлин и др.

9. **Гусев В. П.** Производство радиоаппаратуры. Изд. 4-е. М., «Высшая школа», 1973. 312 с.

10. **Дьяков А. В.** Радиоуправляемые автомодели. М., ДОСААФ, 1973. 120 с.

11. **Касьянов В.** Восьмикомандная аппаратура. Передатчик. — «Радио», 1971, № 4, с. 17.

12. **Касьянов В.** Восьмикомандная аппаратура. Приемник. — «Радио», 1971, № 5, с. 35.

13. **Малик С.** «Телеконт» — «Моделист-конструктор», 1969, № 7.

14. **Масленников Ю.** «Пилот». — «Моделист-конструктор», 1973, № 1, с. 28.

15. **Отряшенков Ю.** Азбука радиоуправления моделями. М., «Детская литература», 1965. 296 с.

16. **Отряшенков Ю.** Как сделать модель радиоуправляемой. ДОСААФ, 1968, 136 с.

17. **Павлов П., Павлов А.** Радиоуправляемая. — «Крылья родины», 1970, № 9, с. 36.

18. **Потапов В., Хухра Ю.** Пилотажные радиоуправляемые модели самолетов М, ДОСААФ, 1965 120 с.

19. **Прокопцев Ю.** Радиовещательный приемник для телеуправления. — «Радио», 1971, № 6, с. 52.

20. **Прокопцев Ю.** Планетоход находит вымпел. — «Радио», 1971, № 7.

21. **Путятин Н.** Приемник радиоуправляемой модели. — «Радио», 1968, № 12, с. 39.

22. **Путятин Н.** Двухкомандный передатчик. — «Радио», 1969, № 4.

23. **Путятин Н.** Приемник-контроллер. — «Радио», 1970, № 3, с. 53.

24. **Путятин Н.** Однокомандный приемник. — «Крылья родины», 1970, № 6, с. 29.

25. **Путятин Н.** Упрощенная система пропорционального управления. — «Радио», 1970, № 8, с. 49.

26. **Путятин Н.** Генератор ВЧ. — «Радио», 1972, № 5, с. 49.

27. **Сотников А.** Пропорциональная без дефицита — «Моделист-конструктор», 1971, № 8, с. 44.

28. **Тарасов Э.** Индукционное телеуправление. — «Радио», 1970, № 3.

29. **Тарасов Э.** По приказу низкой частоты. — «Моделист-конструктор, 1970, № 3, с. 20.

30. **Тарасов Э.** Свет управляет моделью. — «Радио», 1970, № 9, с. 47.

31. **Тарасов Э.** Моделью командует звук. — «Радио», 1972, № 5, с. 47.

32. **«Тонокс».** Описание и схемы комплекта. — «Моделист-конструктор», 1969, № 5, с. 42

33. **Хрестоматия** радиолюбителя. Изд. 5-е, «Энергия», 1971. 512 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 18 коп.

